



Projet n°. 015403

FONIO

**Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en
Afrique de l'Ouest**

Projet de Recherche spécifique ciblé (STREP)
INCO

WORK PACKAGE 5

Opportunité de diversification et multi-usages du fonio dans les systèmes de production

D 28

**Options pour le développement de la production de
fonio, l'amélioration de la productivité et de la
compétitivité**

Authors: Eric VALL, Kalifa DEMBELÉ, Augustin KANWÉ

Workpackage leader : Eric VALL (CIRDES)

Project coordinator: Jean-François CRUZ (Cirad)

CIRDES (Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide - Burkina)

Juin 2008

Projet co-financé par la Commission Européenne au cours du 6ème programme cadre (2002-2006)		
Niveau de diffusion		
PU	Public	X
PP	Restreint aux participants d'autres programmes (Services de la Commission inclus)	
RE	Restreint à un groupe spécifié par le consortium (Services de la Commission inclus)	
CO	Confidentiel, restreint aux membres du consortium (Services de la Commission inclus)	

Auteurs: **Eric VALL, Kalifa DEMBELÉ, Augustin KANWÉ**

CIRDES (Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide) BP 454, Bobo Dioulasso 01, Burkina Faso

Les auteurs remercient les producteurs de fonio des villages de Kourynion, Kotoudéni, Soin et Simbadougou qui ont collaboré aux essais de fertilisation organique de parcelles de fonio.

Leurs remerciements s'adressent également aux personnels de la ferme de Banankélédaga et aux personnels du Cirides qui ont participé aux essais de compostage et de valorisation fourragère des pailles

Nota : Ce travail a été soutenu financièrement par la Commission de la Communauté Européenne. Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de la Communauté dans le domaine

Sommaire

	Pages
1 - Introduction	1
2 - Volet 1 : Fertilisation organique du fonio	1
2.1 - Contexte et problématique	1
2.2 Objectifs	2
2.3 Matériels et méthodes	2
2.4 Résultats	3
2.4.1. Renseignements généraux	3
2.4.2. Suivi de la croissance végétative	5
2.4.3. Suivi de l'enherbement	7
2.4.4. Suivi de l'infestation par le striga	8
2.4.5. Analyse des facteurs de variation du rendement	10
2.5 Conclusion	15
3 - Volet 2 : Compostage de la paille de fonio	16
3.1 Contexte et problématique	16
3.2 Objectifs	16
3.3 Matériels et méthode	16
3.4 Résultats	20
3.4.1. Compostage de la paille de fonio	20
3.4.2. Compostage des tiges de cotonnier	27
3.5 Conclusion	32
4 - Volet 3: Valorisation fourragère de la paille de fonio traitée à l'urée	33
4.1 Contexte et problématique	33
4.2 Objectifs	35
4.3 Matériels et méthode	35
4.4 Résultats	37
4.5 Discussion	38
4.5.1. Ingestion volontaire	38
4.5.2. Digestibilité de la matière sèche	39
4.6 Conclusion	39
4.7 Références bibliographiques	40
5 – Annexe	41

1. Introduction

Dans le cadre des activités du WP5 (« opportunité de diversification et multi usages du fonio dans les systèmes de production ») dont le CIRDES à la charge, des options pour le développement de la production de fonio pour l'amélioration de la productivité et de la compétitivité (co-conception d'innovations pour l'activité 5.5) ont été envisagées au Burkina Faso. Ces options découlent des conclusions des études conduites sur l'analyse de la place du fonio dans les systèmes de production et sur la conduite de la culture du fonio (D24 et D25) et visent à améliorer la productivité et la valorisation du fonio. Il s'agit :

- de l'amélioration de la productivité du fonio par l'application de fumure organique de manière à préserver le caractère « bio » de cette culture (volet 1);
- de la production de compost à base de paille de fonio pouvant contribuer à rehausser le niveau de fertilité des sols notamment dans la zone subhumide où la paille est le plus souvent abandonnée au bord des aires de battage (volet 2);
- de la valorisation des résidus de récolte que constitue la paille de fonio dans l'alimentation des ruminants comme fourrage notamment dans la zone semi-aride caractérisée par une forte tension sur les ressources fourragères en saison sèche (volet 3);

Ces trois options ont fait l'objet d'expérimentations en milieu paysan (application de la fumure organique) et en station (compostage de la paille de fonio et valorisation fourragère de la paille de fonio traitée à l'urée). Le présent rapport résume les conclusions de ces expérimentations.

2. Volet 1 : Fertilisation organique du fonio

2.1. Contexte et problématique

Le caractère biologique de la culture du fonio est un atout sur le marché au label AB (Agriculture Biologique). Cependant, en milieu paysan, le rendement grains du fonio est médiocre 600-900 kg/ha comparativement au rendement potentiel mesuré en station > 1000 kg/ha. Les suivis réalisés en 2007 ont permis d'identifier les principaux facteurs limitant le rendement : pluviométrie, contrôle des mauvaises herbes, fertilité du sol et apport de fumure organique. Ils ont montré en particulier que l'apport de fumure organique contribue à augmenter le rendement grains.

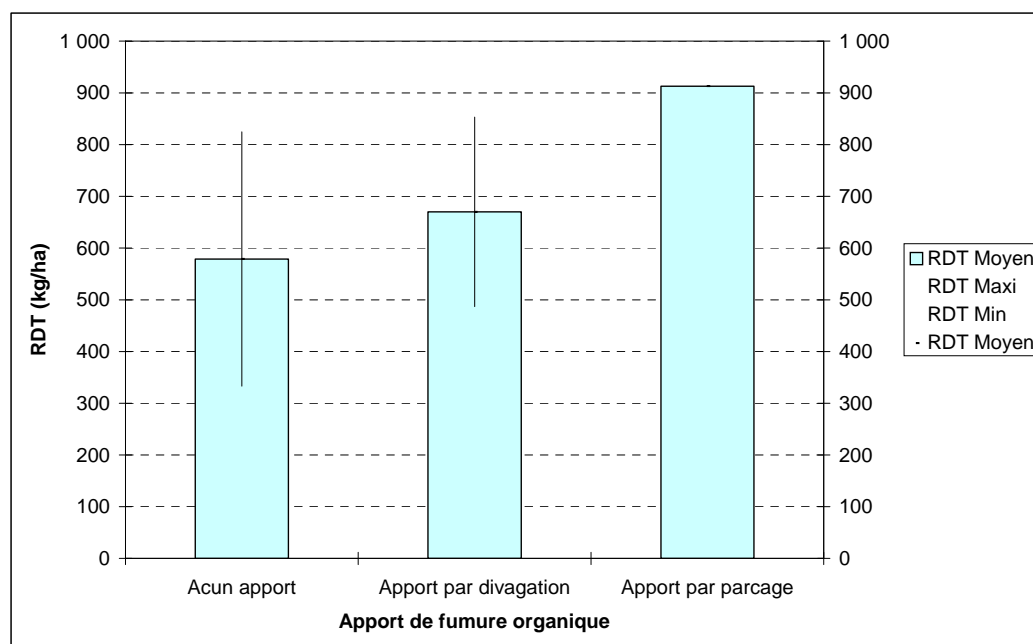


Figure 1. Rendement fonio paddy en fonction de l'apport de fumure organique

L'intensification écologique de la culture du fonio fondée sur l'utilisation de semences locales plus productives, l'apport de fumure organique et le désherbage précoce et répété du fonio devrait permettre d'augmenter la productivité de la culture tout en conservant son caractère AB. Cette expérimentation vise à évaluer, en milieu paysan, l'effet de la fumure organique sur la culture du fonio.

L'effet précis de la fumure organique sur les conditions de culture (effet sur les mauvaises herbes et sur la vitesse de croissance du fonio) et l'effet précis sur le rendement pour une quantité de fumure organique déterminée ne sont pas connus. Cette expérimentation vise à préciser les effets de la fumure organique dans des conditions réelles de culture en milieu paysan.

2.2. Objectifs

2.2.1. Objectif global

Il vise à améliorer le revenu des producteurs afin de mieux promouvoir la culture du fonio

2.2.2. Objectifs spécifiques

De façon plus spécifique, l'étude vise à :

- ✓ Améliorer la productivité du fonio (rendement grain et rendement paille) tout en préservant le caractère bio de cette culture ;
- ✓ Déterminer les facteurs de variation du rendement du fonio et les effets induits de l'application de la fumure sur le fonio (croissance végétative, infestation par les adventices...) ;
- ✓ Contribuer à la restauration des sols par un apport de matières organiques.

2.3. Matériels et méthodes

2.3.1. Echantillonnage des producteurs

Au Burkina Faso, le suivi a concerné 20 producteurs : 5 à Kourynion, 5 à Kotoudéni (zone Sud), 5 à Soim et 5 à Simbadougou (zone Nord). Chez chaque producteur, nous avons effectué 4 suivis : un premier au cours de la mise en route de l'essai, un suivi en début de cycle (après le semis), un suivi au milieu du cycle végétatif et enfin un dernier suivi en fin de cycle. Compte tenu des contraintes d'accessibilité de certains champs en période d'hivernage, le critère d'accessibilité a été privilégié pour le choix des producteurs. En définitive, tous les producteurs ont conduit la culture de leur champ jusqu'au bout.



Figure 2. Implantation des villages

2.3.2. Questionnaires

2.3.2.1. Suivi des parcelles de fonio

Les fiches de suivi comportent 2 parties. La première partie concerne les généralités sur le champ de fonio et l'itinéraire technique. La seconde partie est une fiche de suivi à intervalle régulier de l'enherbement, de la présence de *striga* sur le champ, de ravageurs et enfin de la hauteur des plants au cours des suivis pour chaque catégorie de placettes.

La seconde partie est une fiche d'observation du contexte de la culture. Dans chaque champ, les observations ont été répétées sur 5 placettes de 12 m² (3x4m) dont la position géographique a été repérée au GPS. Les variables d'observation ont été les suivantes :

- Etat de la levée (0%, 25%, 50%, 75%, 100%, le pourcentage représente une appréciation qualitative du taux de levée) ;
- Note d'enherbement (0%, 25%, 50%, 75%, 100%, le pourcentage représente une appréciation qualitative du recouvrement de la placette par les adventices) ;
- Présence de ravageurs (0 si absence ou 1 si présence) ;
- Présence de *striga* (0 si absence ou 1 si présence).

2.3.2.2. Mesure des rendements

Les rendements grains paddy et pailles ont été mesurés sur chaque placette au stade maturité. Deux types de traitements ont été réalisés chez chaque producteur. Le premier traitement est constitué d'un apport de fumure organique (résidus de culture) à la dose de 5 tonnes/ha et le second traitement représenté par des placettes témoins. Le protocole de mesure a été le suivant :

- Placette : 3x4 m à raison de 5 placette/traitement/champ (pieds dans la limite du carré) ;
- Pesée au champ de la biomasse fraîche récoltée (grains+pailles coupées) sur chaque placette et mise en sac de l'échantillon ;
- Séchage en station des échantillons collectés puis battage ;
- Pesée des grains paddy pour chaque placette ;
- Pesée de la matière sèche des pailles coupées pour chaque placette.

2.3.3. Analyse des données

Les données ont été progressivement analysées entre les mois d'octobre et de novembre 2008. L'analyse des données a été effectuée avec le logiciel Excel. Le rapport technique a été rédigé durant les mois de novembre et de décembre 2008.

2.4. Résultats

2.4.1. Renseignements généraux

Superficie des champs. Les superficies des champs de fonio suivis varient dans l'ensemble entre 0,5 ha et 3 ha. Les études réalisées en 2007 ont révélé que les producteurs présentaient une bonne maîtrise dans l'estimation des superficies emblavées en fonio.

Place du champ dans la toposéquence. Tous les champs sont situés sur des parties planes, ni sur les hauteurs des coteaux, ni à proximité des bas-fonds.

Type de sols. Le fonio est cultivé essentiellement sur des sols sableux et sur des sols argilo-sableux dans une moindre mesure.

Précédent cultural. La culture du fonio est toujours réalisée après une spéculation de céréale (mil, sorgho) ou de sésame ou de légumineuses comme l'arachide et le niébé en fin de rotation culturale.

Itinéraire technique. L'apport de fumure aussi bien minérale qu'organique n'est pas une habitude chez les producteurs de fonio. Le fait que la fumure organique profite souvent à certains

champs s'explique éventuellement par la divagation des animaux, en quête de nourriture et de points d'abreuvements, en saison sèche sur les exploitations.

Le labour et le semis sont deux opérations culturales immédiatement réalisées l'une à la suite de l'autre ; ce qui fait que les dates labours correspondent généralement avec les dates semis. Lorsque le labour est réalisé le matin, le fonio est semé le soir. Le labour est une opération réalisée à la daba et/ou à la charrue (60 % des producteurs échantillonnés utilisent la charrue pour le labour ; 25 % indiquent qu'ils utilisent la daba en grattage sur une petite surface et le reste du champ est labouré à la charrue ; 10 % des producteurs utilisent uniquement la daba; 5 % ont recours au tracteur). L'utilisation simultanée de la daba et de la charrue ou uniquement de la daba, est observée exclusivement en zone sud de production (Kourynion, Kotoudéni). La zone étant très bien arrosée, les sols restent faciles à travailler dès l'arrivée des premières pluies et le travail du sol est ainsi moins laborieux dans cette zone que dans la partie nord.

Le semis est décalé dans le temps suivant la zone agro-écologique où l'on se trouve (tableau 1). Il est réalisé dans la deuxième décennie du mois de mai à Kourynion et Kotoudéni (zone subhumide), dans la seconde décennie de juin à Soin et Simbadougou (zone semi-aride).

Villages	Début semis	Fin semis	Moy semis	Dose semence (kg/ha)	Variétés
Kotoudéni	19 mai	25 mai	22 mai	47,6	Foniguè (1)
Kourynion	23 mai	30 mai	26 mai	46,3	Warr (2) ; Ténailé (3)
Simbadougou	26 juin	2 juillet	29 juin	32,0	Foniguè (1); Foniba (4); Wanwoulé (5)
Soin	20 juin	29 juin	24 juin	33,3	Foniba (4)
Zone Nord	23 juin	1 ^{er} juillet	27 juin	32,7	X
Zone Sud	21 mai	27 mai	24 mai	46,9	X
Moyenne	6 juin	13 juin	10 juin	39,8	X

Tableau 1. Période semis, dose de semences et variétés utilisées

Un mois après le semis, le taux de levée a été noté sur chaque parcelle expérimentale. La moyenne des levées suivant les zones agro-écologiques est indiquée dans le tableau ci-dessous. Un mois après le semis, la levée est située autour de 50% (tableau 2).

Villages	Levée (%)	
	Test	Témoin
Kourynion	55	51,5
Kotoudéni	53	57
Soin	50,4	44,3
Simbadougou	51,5	56,3
Moyenne	53,7	51,1

Tableau 2. Taux de levée du fonio un mois après le semis

Le désherbage a été réalisé en moyenne dans la seconde décennie du mois de juillet en zone sud et un peu plus tôt à Kotoudéni qu'à Kourynion. Le désherbage n'est pas une habitude chez les producteurs de fonio à Soin, alors qu'à Simbadougou, il est réalisé en fin juillet (tableau 3). La récolte du fonio a été effectuée entre la fin du mois de septembre et le début du mois d'octobre sur l'ensemble des deux (2) zones agro-écologiques.

Villages	Début désherbage	Fin désherbage	Moyenne désherbage
Kotoudéni	4-juillet	24-juillet	14-juillet
Kourynion	25-juillet	25-juillet	25-juillet
Simbadougou	29-juillet	29-juillet	29-juillet
Soin	Aucun désherbage	Aucun désherbage	Aucun désherbage
Zone Nord	29-juillet	29-juillet	29-juillet
Zone Sud	14-juillet	24-juillet	19-juillet
Moyenne	22- juillet	27-juillet	24- juillet

Tableau 3. Période d'entretien du fonio par village et par zone agro-écologique

2.4.2. Suivi de la croissance végétative

2.4.2.1. Croissance végétative selon la zone

Un apport en fumure organique à la dose de 5 tonne/ha semble ne pas avoir d'influence sur la croissance végétative du fonio. Toutefois les plants en zone nord connaissent une plus grande évolution en taille que ceux en zone sud (figure 3). Au début du suivi, la taille a été de 8 cm en moyenne en zone sud contre 12 cm au nord. En milieu du cycle, le fonio mesure environ 48 cm en zone sud contre 52 cm au nord. En fin du cycle on note une taille moyenne de 74 cm au sud contre 77 cm au nord. D'une façon générale, la hauteur des plants de fonio en fin de cycle se situe autour de 75 cm.

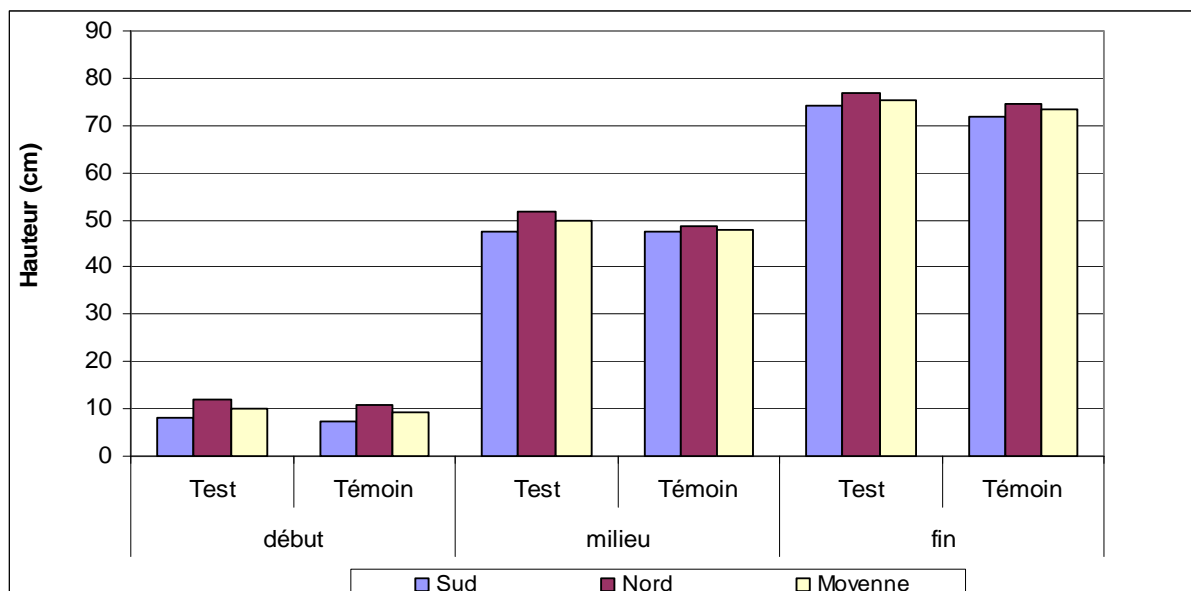


Figure 3. Croissance végétative du fonio selon la zone agro-écologique (début, milieu et fin de cycle)

2.4.2.2. Croissance selon le village

La hauteur des plants de fonio est variable, d'un village à un autre (figure 4). Au niveau village, un apport en fumure organique à la dose de 5 tonnes/ha ne présente aucune influence sur la croissance végétative. En fin de cycle végétatif au niveau des parcelles tests, les plants les plus grands ont été observés à Soin (avec une hauteur d'environ 80 cm), chez les parcelles témoins, les pieds de fonio les plus grands situés autour de 78 cm ont été observés à Kotoudéni.

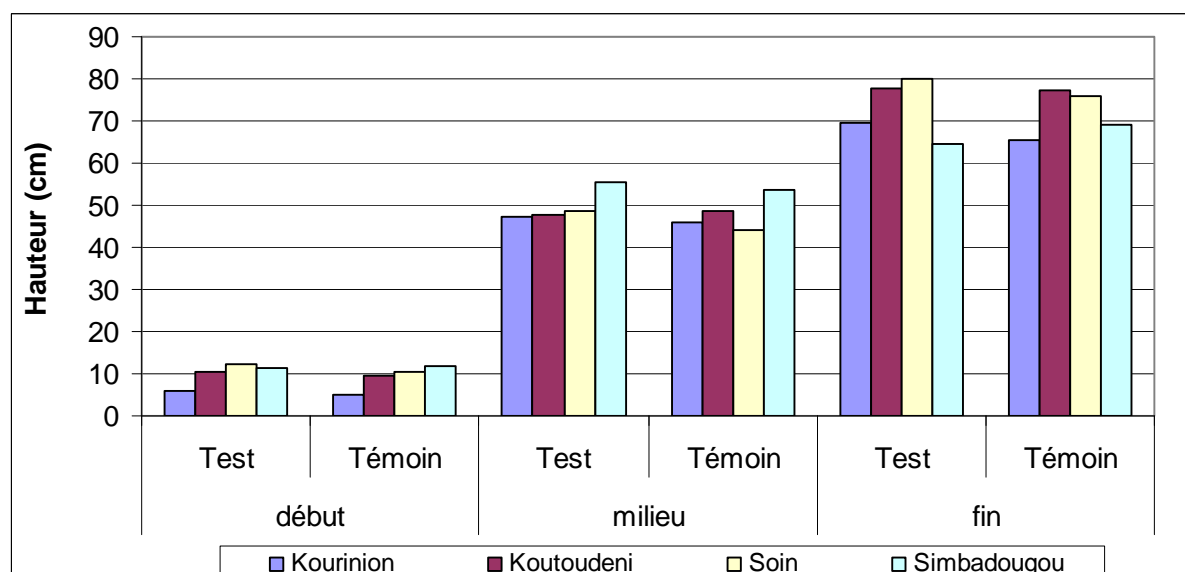


Figure 4. Croissance végétative du fonio selon le village (début, milieu et fin de cycle)

2.4.2.3. Croissance selon le producteur

En fin de cycle, la hauteur des plants de fonio tend à s'uniformiser ; les pieds ont achevé leur croissance végétative et sont en pleine épiaison (figure 5).

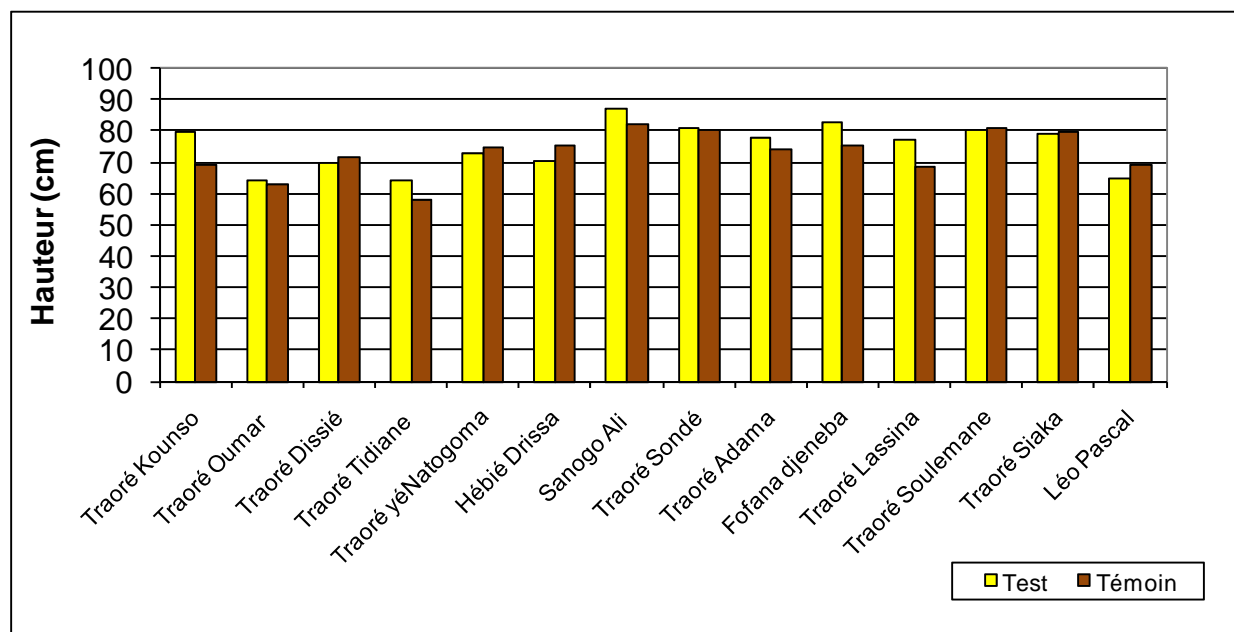


Figure 5. Hauteur des plans de fonio en fin de cycle chez les différents producteurs

2.4.2.4. Croissance végétative selon la variété

L'effet de fumure organique sur la croissance végétative est plus visible pour les espèces à cycle long (*Foniba* et *Tenailé*) par rapport à celles à cycle court (*Foniguè*). Par contre une fertilisation organique semble avoir un effet dépressif sur la croissance végétative de la variété *Wanwoulé* (variété à cycle intermédiaire) (figure 6).

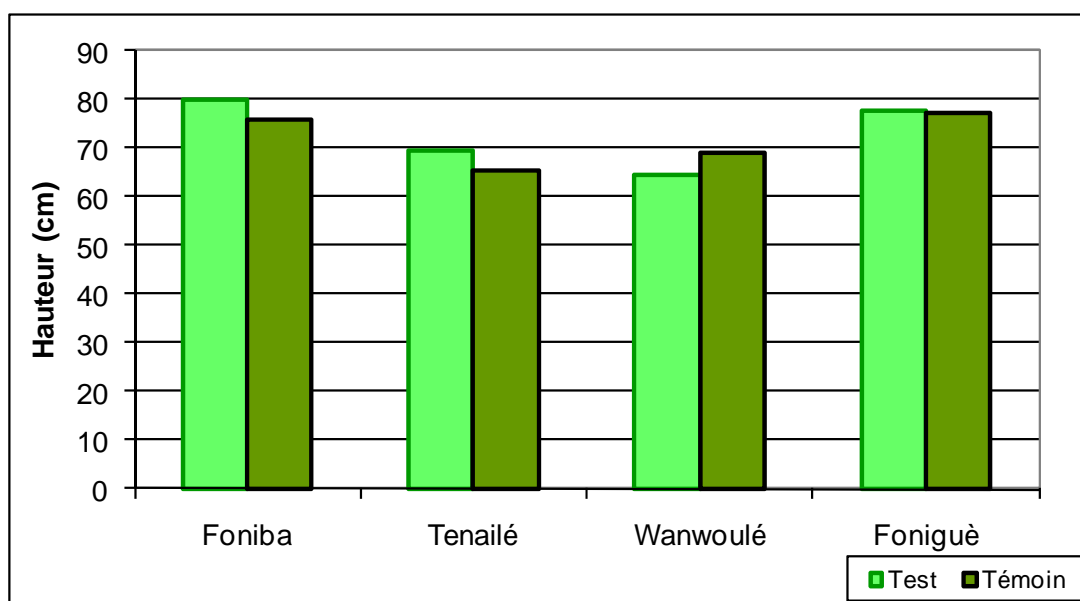


Figure 6. Hauteur du fonio en fonction des variétés utilisées

2.4.3. Suivi de l'enherbement

2.4.3.1. Evolution de l'enherbement suivant la zone

Dans l'ensemble, les champs de fonio sont enherbés pendant toute la saison culturale. En zone sud le taux d'enherbement le plus élevé est observé autour de fin mai, peu de temps avant le semis. Ce taux d'enherbement est situé autour de 31 % (figure 7).

Avec l'apport en fumure, on observe une légère hausse du niveau d'enherbement dans les parcelles tests par rapport aux parcelles témoins. A maturité, le niveau moyen d'enherbement est de 31 % dans les parcelles tests et de 28 % dans les témoins. Pour mieux lutter contre l'effet des adventices, au moins deux désherbages s'avèrent nécessaires dans cette zone pendant le cycle cultural : un désherbage avant le semis pour permettre aux plants de fonio de s'installer rapidement, puis un autre désherbage en milieu de cycle afin de faciliter leur croissance.

En zone nord, les forts taux d'enherbement ont été observés en milieu de cycle en fin juillet (34 % au niveau des tests contre 27 % chez les témoins) ; cela explique pourquoi les paysans de cette zone attendent la dernière décade du mois de juillet pour effectuer le désherbage ; cela permet aux plants de fonio d'achever plus facilement leur croissance végétative.

Par ailleurs, le taux d'enherbement des parcelles tests est beaucoup plus élevé au nord qu'au sud, tandis que le phénomène inverse est observé chez les parcelles témoins.

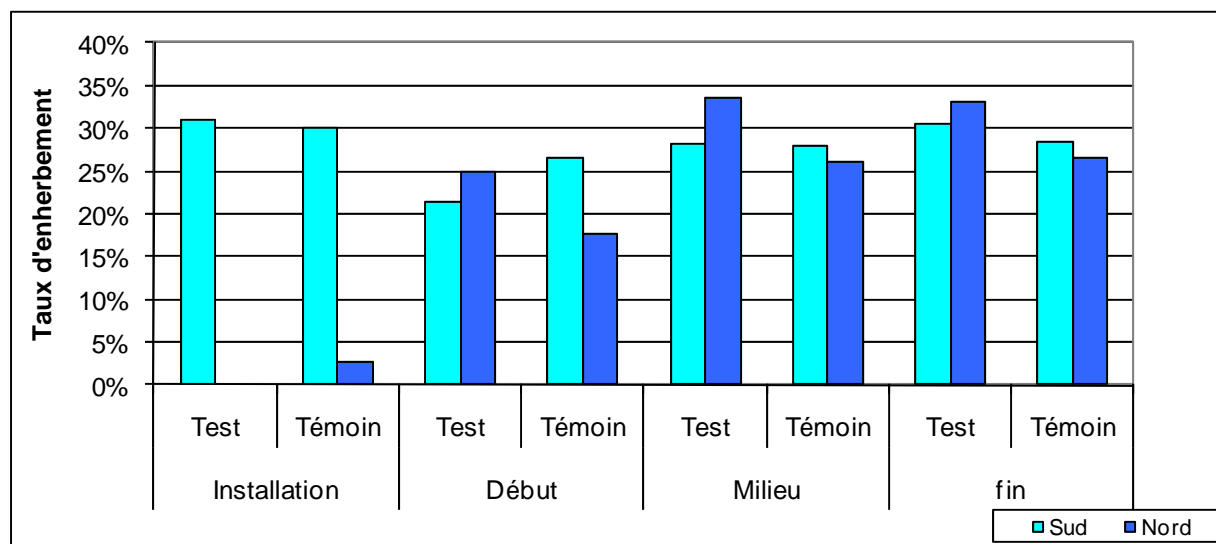


Figure 7. Evolution de l'enherbement selon la zone de production du fonio

2.4.3.2. Enherbement par village

A Kourynion tout comme à Kotoudeni, l'effet de la fumure organique n'est pas ressenti (tableau4). Le taux d'enherbement est compris entre 25 et 31 % à Kourynion, alors qu'à Kotoudeni, il est compris entre 17 et 36 %. A Soin et à Simbadougou, l'effet de la fumure semble avoir une influence positive sur l'état d'enherbement des champs ; cela est mis en évidence surtout en milieu de cycle c'est-à-dire peu avant le désherbage. A Soin on est passé d'un taux d'enherbement de 25 % dans les placettes témoins à un taux de 33 % au niveau des placettes tests (soit une augmentation de 8 % du taux d'enherbement). A Simbadougou, ce taux allait de 27 % pour les témoins à 34 % pour les tests (environ une augmentation du taux d'enherbement de 7 %).

Villages	Installation		Début		Milieu		fin	
	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin
Kourinion	26%	25%	26%	28%	27%	28%	31%	28%
Koutoudeni	36%	35%	17%	25%	29%	28%	30%	29%
Soin	0%	0%	29%	26%	33%	25%	35%	27%
Simbadougou	0%	5%	22%	11%	34%	27%	25%	25%
Moyenne	16%	16%	23%	23%	31%	27%	30%	27%

Tableau 4. Suivi de l'enherbement du fonio par village

2.4.3.3. Enherbement par variété

Pour deux variétés de fonio, l'état d'enherbement semble avoir été beaucoup influencé par un apport en fumure organique. Pour la variété *Foniba*, en milieu de cycle l'enherbement est de 25 % pour le témoin contre 33 % pour le test ; en fin de cycle de 23 % pour le témoin contre 35 % pour le test (tableau 5).

Pour la variété *Wanwoulé*, en début de cycle le taux d'enherbement est de 15 % pour le témoin contre 27 % pour le test ; en milieu de cycle de 27 % pour le témoin contre 35 % pour le test. Après le désherbage le taux d'enherbement des champs se stabilise en fin de cycle autour de 25%.¹

Variétés	Installation		Début		Milieu		Fin	
	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin
Warr	25%	25%	25%	30%	25%	25%	nd	nd
Tenailé	26%	25%	26%	28%	28%	29%	31%	28%
Fonique	30%	29%	18%	23%	29%	28%	30%	29%
Foniba	0%	0%	25%	21%	33%	25%	35%	23%
Wanwoulé	0%	8%	27%	15%	35%	27%	25%	25%
Moyenne	16%	18%	24%	23%	30%	27%	30%	26%

nd= non déterminé

Tableau 5. Enherbement des champs au cours du cycle végétatif du fonio

2.4.4. Suivi de l'infestation par le striga

Infestation suivant la zone

Au sud, le taux de parcelles infestées tend à baisser au fil du temps tandis qu'au nord, c'est l'inverse (figure 8). En zone sud, la proportion de parcelles infestées en *striga* est beaucoup plus élevée au niveau des parcelles tests qu'au niveau des parcelles témoins. La proportion de parcelles infestées se situe autour de 22 % pour le test contre 20 % pour le témoin au milieu du cycle. En fin de cycle les taux de parcelles infestées sont en baisse pour les deux traitements.

Au nord, il est également plus élevé pour le test que pour le témoin en milieu de cycle ; le taux de parcelles infestées est en hausse en fin de cycle, il est situé autour de 16% pour chacun des deux traitements.

¹ Le fort taux d'enherbement observé au niveau des parcelles tests de cette variété pourrait expliquer la baisse des rendements du fonio chez cette espèce suite à un apport en fumure organique.

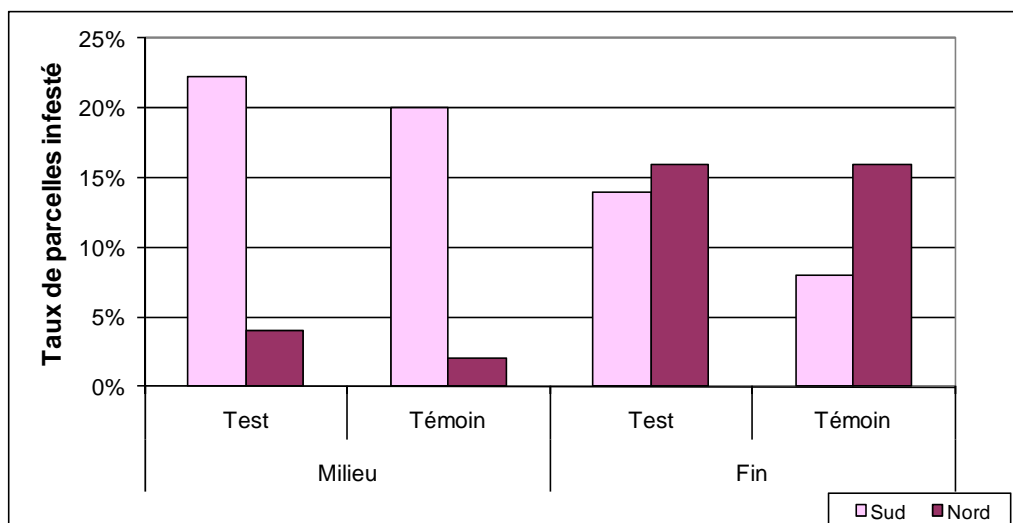


Figure 8. Taux de parcelles infestées par le *striga* en milieu et en fin de cycle végétatif pour chaque type de traitement

Infestation par village

A Kourynion, le taux de parcelles infestées en milieu du cycle est plus élevé pour le traitement témoin que pour le traitement test (36 % contre 40 %). En fin ce cycle, la tendance est inversée (16 % pour le traitement témoin contre 24 % pour le traitement test). A Kotoudeni, seules les parcelles tests ont été infestées par le *striga* (4 % en milieu et en fin de cycle). A Soin, la proportion de parcelles infestées est faible en milieu de cycle mais un peu plus élevée pour le traitement test. Enfin de cycle le taux de parcelles témoins infestées reste nettement supérieur à celui des parcelles test. A Simbadougou l'apparition du *striga* n'a été notée que sur des parcelles tests (12 %).

Zone	Installation		Début		Milieu		Fin	
	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin
Kourinon	0%	0%	0%	0%	36%	40%	24%	16%
Koutoudeni	0%	0%	0%	0%	4%	0%	4%	0%
Soin	0%	0%	0%	0%	8%	4%	20%	32%
Simbadougou	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	0%
Moyenne	0%	0%	0%	0%	12%	11%	15%	12%

Tableau 6. Taux de parcelles infestées par le *striga* par village

Infestation par variété

Sur l'ensemble, la variété *Tenailé* s'est avérée la plus vulnérable au *striga*. La moitié des parcelles témoin où cette variété de fonio a été cultivée a été infestée par le *striga*. En fin de cycle la proportion de parcelles infestées est plus élevée pour le traitement test.

Variétés	Installation		Début		Milieu		Fin	
	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin	Test	Témoin
Warr	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Tenailé	0%	0%	0%	0%	45%	50%	30%	20%
Foniguè	0%	0%	0%	0%	3%	0%	3%	0%
Foniba	0%	0%	0%	0%	7%	3%	17%	27%
Wanwoulé	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%
Moyenne	0%	0%	0%	0%	11%	11%	14%	9%

Tableau 7. Taux de parcelles infestées par le *striga* en fonction des variétés cultivées

2.4.5. Analyse des facteurs de variation du rendement

2.4.5.1. Rendement en fonio paddy

Le tableau 8 indique pour les différents villages et les deux zones agro-écologiques, les valeurs des rendements en grains paddy pour les parcelles tests (qui ont bénéficié d'un apport de fumure organique) et des parcelles témoins. L'apport en fumure organique permet d'augmenter la production en fonio paddy d'environ 70 kg/ha et une augmentation en biomasse de plus de 120 kg/ha. Malgré une dose de semis plus élevée en zone subhumide, (45 kg/ha contre 30 kg/ha au nord), la productivité en fonio paddy est restée inférieure à celle obtenue au niveau de la zone semi-aride.

Villages	Test		Témoin	
	Rendements paddy (kg/ha)	Rendement paille (kg/ha)	Rendements paddy (kg/ha)	Rendement paille (kg/ha)
Kotoudeni	586,7	1025	510,1	920
Kourinion	712,8	1335	544,9	1068
Simbadougou	770,5	990	803,9	963
Soin	656,9	991	594,4	901
Zone Nord	713,7	991	699,1	932
Zone Sud	649,7	1180	527,5	994
Moyenne	681,7	1085	613,3	963

Tableau 8. Rendements en fonio paddy et rendements paille à la récolte

2.4.5.2. Rendement en fonio paddy par zone agro-écologique

La figure 9 indique que les rendements en fonio paddy les plus élevés ont été observés en zone nord avec cependant une quasi-égalité dans cette zone des rendements en fonio paddy pour les deux traitements (714 kg/ha pour les parcelles tests contre 699 kg/ha pour les témoins).

En zone sud, l'apport de fumure organique semble avoir une plus grande influence sur les rendements en fonio paddy; ce rendement passe de 528 kg/ha pour les parcelles témoins à 650 kg/ha pour les parcelles tests, qui ont bénéficié d'un apport fumure organique à la dose de 5 t/ha, soit une augmentation de plus de 20 % de la production en grains. La faible différence des rendements paddy en zone nord entre les deux traitements pourrait s'expliquer en partie par le fait que le fonio au cours de son développement a très peu bénéficié de l'effet de la fumure. Les apports au niveau des parcelles ont été effectués en mi-juin suivi d'un labour léger. Du fait que les pluies se sont installées tardivement à Nouna, il est donc possible qu'une grande partie de la fumure ait été dispersée par les vents assez violents qui continuaient à souffler à cette période l'année.

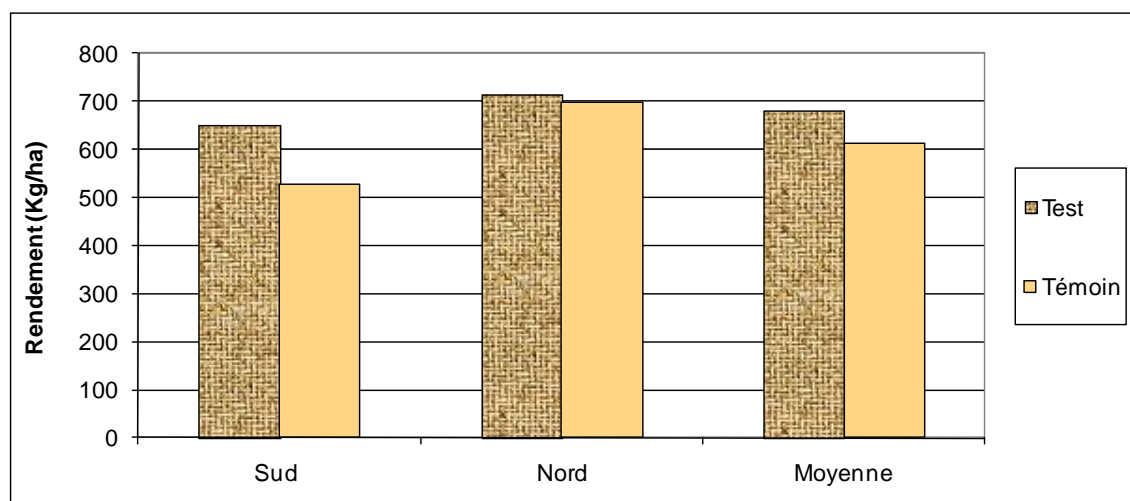


Figure 9. Rendement grain paddy selon la zone agro-écologique et selon l'apport de fumure organique

2.4.5.3. Rendement en pailles par zone agro-écologique

Le rendement paille est plus élevé sur la partie test que sur la partie témoin (figure 10). L'effet de la fumure est surtout sensible dans la zone subhumide (994 kg/ha pour le témoin contre 1180 kg/ha pour le test) et très peu marqué en zone semi-aride pour la raison sus-évoquée.

Remarque : comme cela avait déjà été observé en 2007 (D25) le rendement paille coupée est plus élevé au sud qu'au nord en raison d'une hauteur de coupe plus basse au sud ; ce qui est un résultat paradoxal puisque la paille coupée est surtout valorisée au nord.

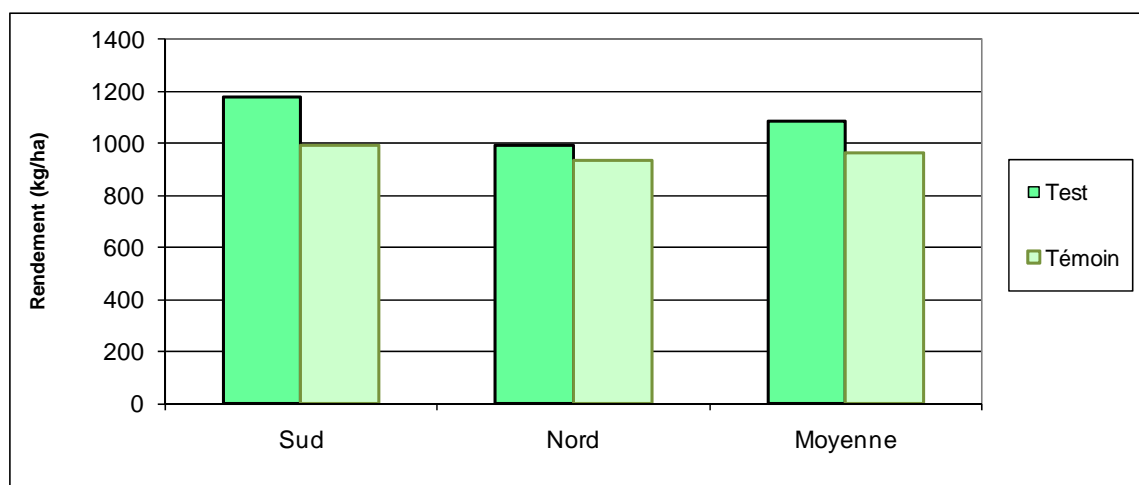


Figure 10. Rendement paille selon la zone agro-écologique et selon l'apport de fumure organique

2.4.5.4. Rendement en fonio paddy par village

A l'intérieur d'une même zone agro-écologique, les rendements sont variables d'un village à un autre. En zone subhumide, les rendements sont bien meilleurs à Kourinion qu'à Koutoudeni aussi bien pour les parcelles tests que les parcelles témoins. L'effet de la fumure sur les rendements est beaucoup plus ressenti dans les villages de la zone sud que ceux situés en zone nord. En zone nord, les rendements les plus élevés ont été observés à Simbadougou avec des rendements paddy voisin de 800 kg/ha.

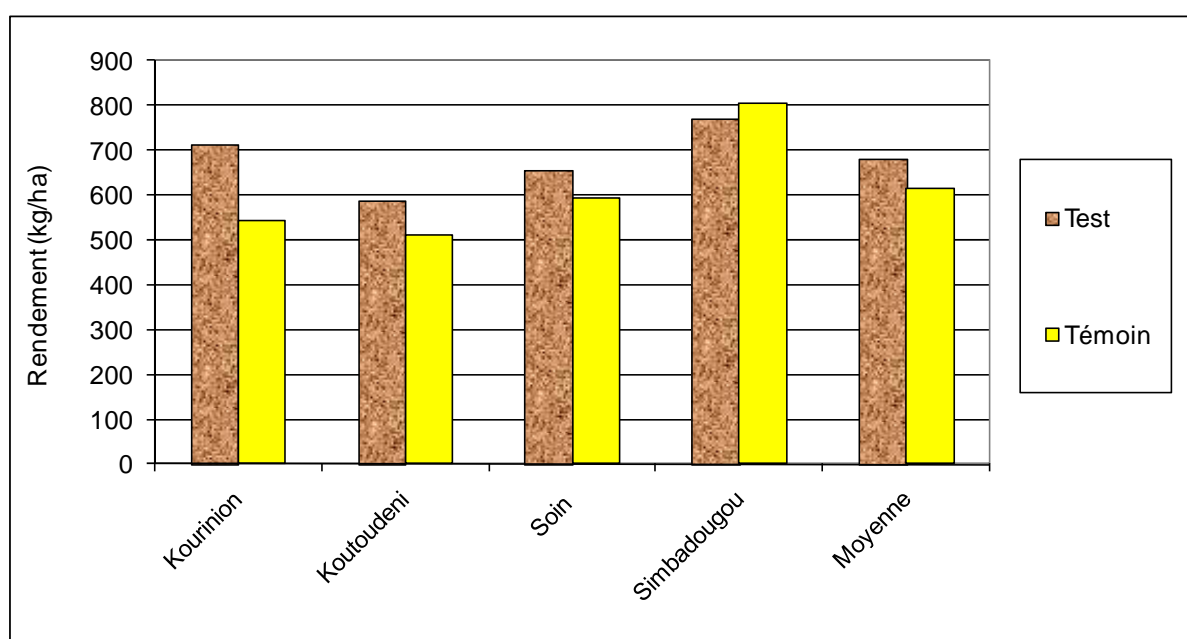


Figure 11. Rendement grain paddy selon les villages et selon les traitements

2.4.5.5. Rendement en pailles par village

L'apport en fumure organique accroît la production en pailles supérieure de 25 % à Kourynion, 3 % à Simbadougou, 10 % à Soin et 11 % à Kotoudeni (figure 11). Notons que ce sont les producteurs de Kourynion qui ont tendance à couper très bas la paille de fonio (1200 kg/ha contre 950 kg/ha pour les autres villages).

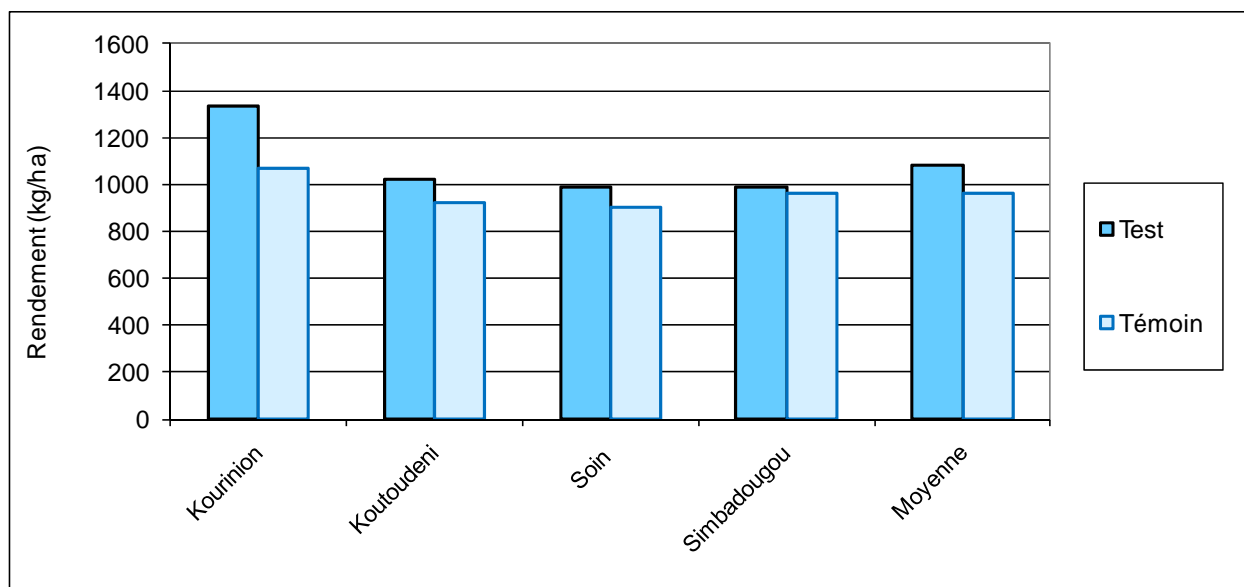


Figure 12. Rendement paille selon les villages et selon les traitements

2.4.5.6. Rendement en fonio paddy selon les producteurs

Pour la plupart des producteurs, l'apport de fumure organique semble avoir un effet bénéfique sur la productivité du fonio, quoique les rendements soient variables d'un producteur à un autre (figure 13).

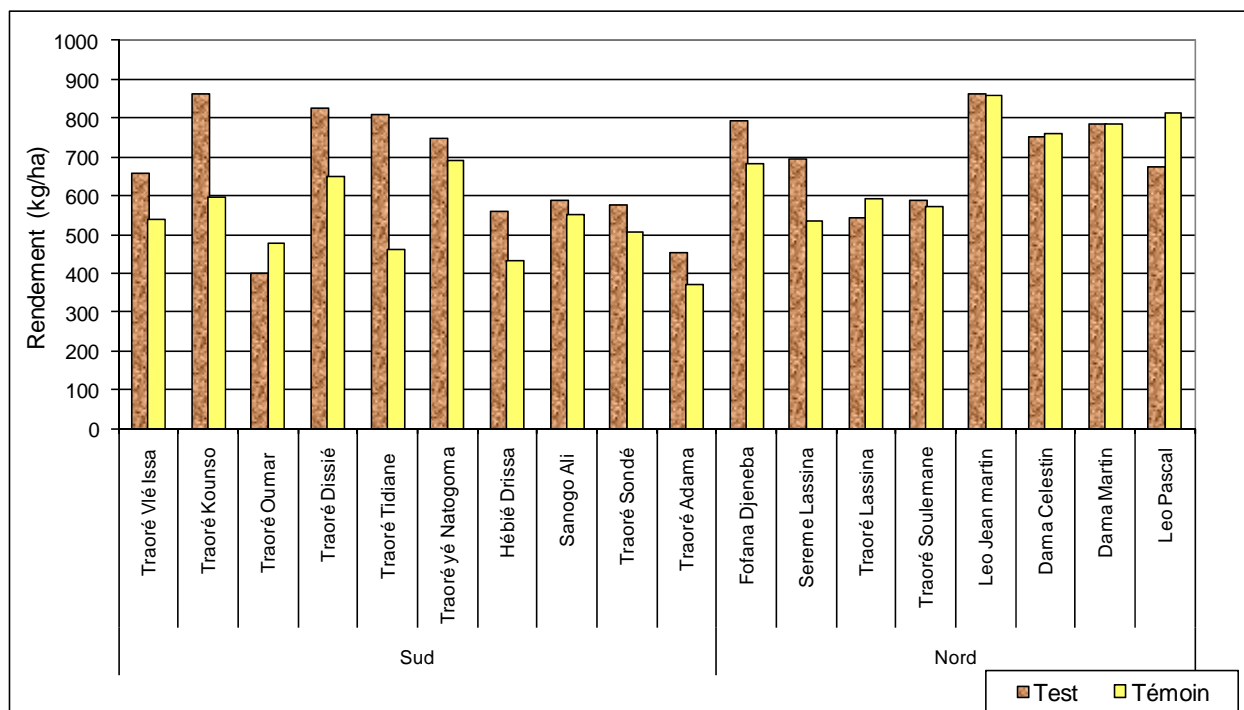


Figure 13. Rendement grain paddy selon le producteur et selon le traitement

Sans apport de fumure organique, le rendement en fonio grain est compris entre 370 et 858 kg/ha. Suite à un apport en fumure organique, cette production est comprise entre 400 et 866 kg/ha. On estime en moyenne une production 604 kg/ha/producteur sans apport de fumure organique contre 678 kg/ha avec apport de fumure organique ; ce qui correspond à une augmentation d'environ 12 % de production en fonio paddy.

Cependant, il a été remarqué chez un producteur de Simbadougou (Leo Mamadou) un rendement très élevé en fonio paddy (1550 kg/ha sans apport de fumure organique contre environ 1600 kg/ha avec apport de fumure). Les raisons de l'écart entre ce rendement et celui observé chez les autres producteurs ne sont pas encore très bien expliquées. Cela pourrait toutefois être en relation avec l'apport de fumure organique qu'a effectué le producteur en 2007. Par ailleurs, le producteur déclare avoir parqué une quarantaine de bovins sur le champ en saison sèche pendant environ deux mois. Aussi, il est possible que le fonio au semis ait bénéficié de l'azote fixé par les légumineuses (arachides et sésame) utilisées comme précédents culturaux. Enfin il faut noter que les désherbages permanents du champ effectués par le producteur pourraient être en faveur de cette hausse du rendement en fonio paddy.

2.4.5.7. Rendement en pailles selon les producteurs

Tout comme la production en grain, la production en paille reste variable d'un producteur à un autre. Les productions moyennes en paille sont de l'ordre de 966 kg/ha sans apport de fumure organique contre 1090 kg/ha suite à une fertilisation organique (figure 14)

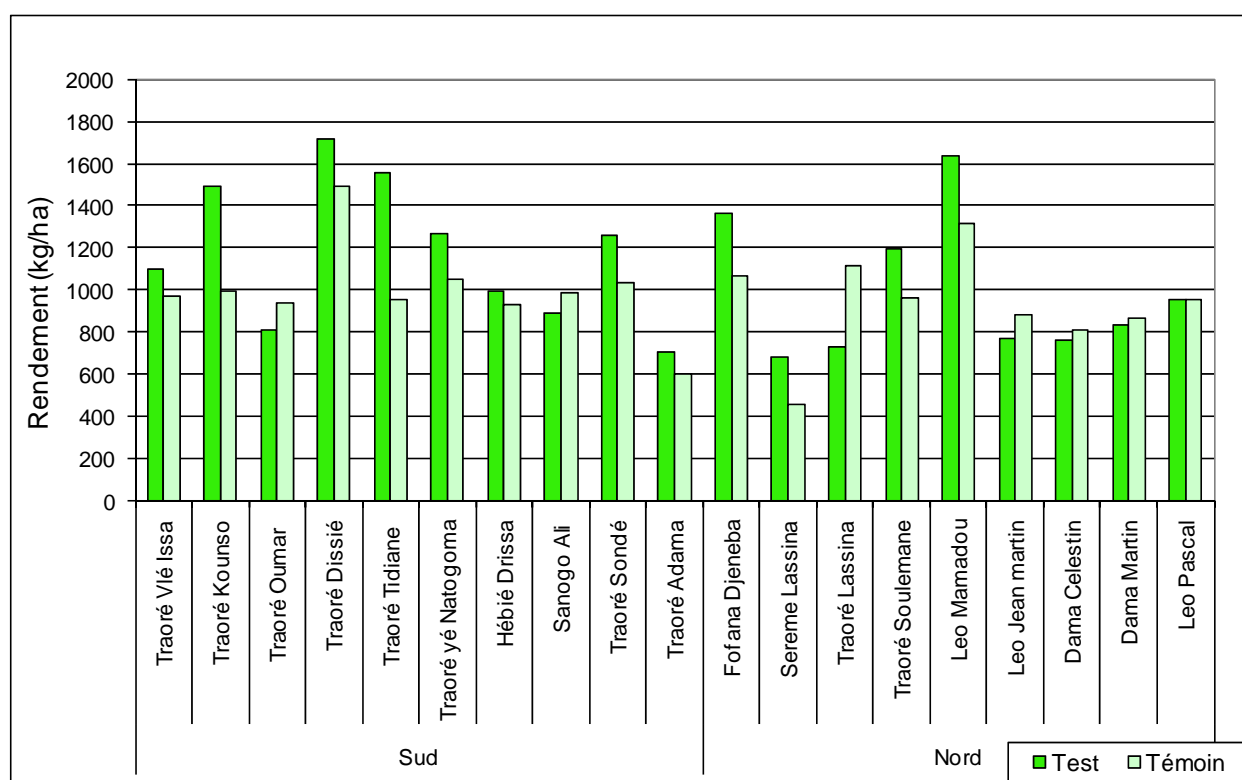


Figure 14. Rendement paille selon le producteur et selon le traitement

2.4.5.8. Rendement en fonio paddy selon la variété

La plupart des variétés de fonio sont influencées positivement par un apport en fumure organique, exception faite de la variété *Wanwoulé* pour laquelle l'apport en fumure semble avoir engendré une baisse légère de la productivité. Comparativement aux autres variétés, la variété *Tenailé* est celle qui semble avoir le plus bénéficié de l'apport en fumure organique. En effet avec l'apport en fumure, la productivité de cette variété en grain paddy a connu une augmentation de 33 % contre respectivement 2, 11 et 22 % pour les variétés *Foniba*, *Foniguè* et *Warr*.

Chez tous les producteurs ayant utilisé la variété *Wanwoulé*, le rendement sur la partie test est inférieur de 7 % à la partie témoin. Les causes liées à la baisse du rendement de la variété *Wanwoulé* restent inconnues. Toutefois, les producteurs ayant utilisé cette variété affirment n'avoir effectué aucun désherbage ou seulement un désherbage tardif lors de la culture.

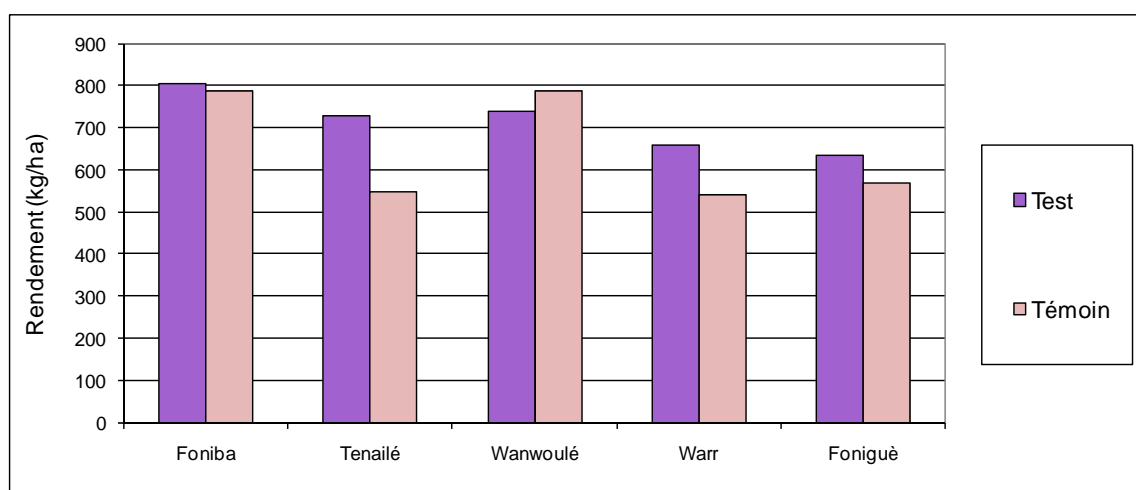


Figure 15. Rendements grain paddy selon la variété et selon le traitement

2.4.5.9. Rendement en pailles selon la variété

Comparativement aux autres variétés, *Tenailé* présente une plus grande productivité en paille. Tout comme la production en grain, les parcelles tests présentent une production de paille plus élevée pour l'ensemble des écotypes utilisés, exception faite de la variété *Wanwoulé* qui est une variété intermédiaire.

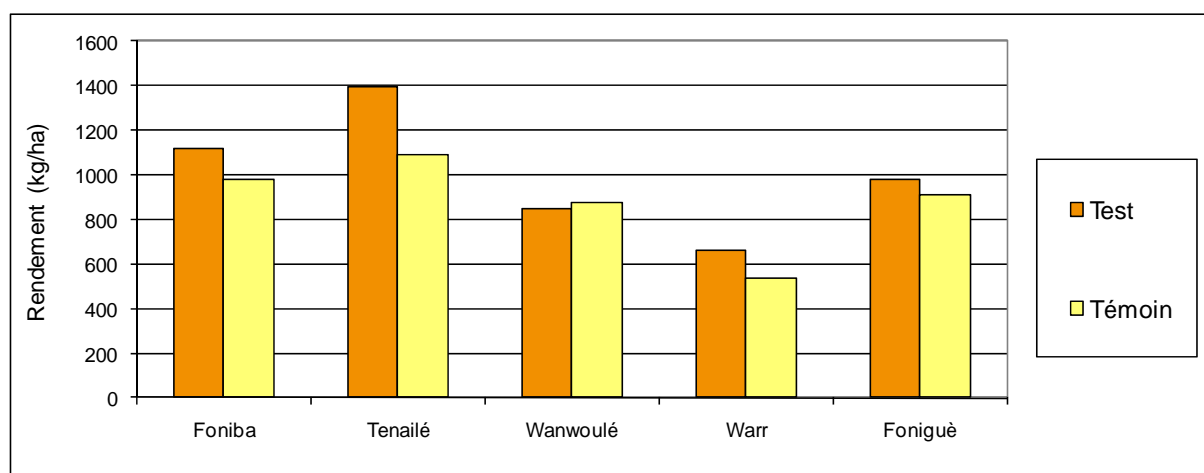


Figure 16. Rendement paille suivant la variété de fonio utilisée

2.5. Conclusion

L'apport en fumure organique a permis d'augmenter la production en fonio paddy d'environ 100 kg/ha et d'assurer une augmentation en biomasse végétale de plus de 120 kg/ha. Malgré l'utilisation d'une dose de semis plus élevée, la production en fonio paddy en zone subhumide est restée inférieure à celle obtenue en zone semi-aride. La dose moyenne de semis a été estimée à 40 kg/ha.

En zone sub-humide, l'effet de la fumure organique sur la productivité du fonio a été très net avec une augmentation de plus de 20 % de la production en fonio. En zone semi-aride, l'apport de fumure a été réalisé en saison sèche et n'a entraîné qu'une très légère augmentation de la production en fonio (soit environ 2%).

L'effet de la fumure organique sur la croissance végétative des plants a été très peu perçu (hauteur des plants à maturité : 72 cm sans apport de fumure organique contre 75 cm suite à une fertilisation organique). D'une façon générale, le suivi phénologique des plants de fonio à maturité a indiqué une hauteur comprise entre 70 - 80 cm.

L'enherbement des parcelles en zone sub-humide et semi-aride indique un taux relativement plus élevé au niveau des parcelles ayant bénéficié de fumure organique comparativement aux témoins ; on note un recouvrement moyen par les adventices de 31 % contre 2 % et de 34 % contre 27 % respectivement en zone sud et nord. Le début de saison culturale et le milieu de cycle de production végétative du fonio ont été indiqués comme les périodes où le taux d'enherbement est le plus élevé. En zone semi-aride, ce n'est qu'en milieu de cycle (fin juillet) que l'herbe est la plus présente.

Au cours du suivi, les parcelles tests ont été les plus infestées en *Striga* aussi bien en zone sub-humide qu'en zone semi-aride. Avant le désherbage, le taux de parcelles infestées (tests et témoins) est estimé à environ 20%, tandis qu'en zone Nord ce taux est resté inférieur à 5%.

L'apport de la fumure organique à la dose de 5 tonnes/ha a présenté un effet très bénéfique aussi bien sur la productivité en paille que celle en fonio paddy, avec toutefois une légère augmentation de la proportion des adventices. Cependant, une investigation dans le sens de la sélection des variétés les plus productives pourrait être envisageable. La biomasse produite pourrait être valorisée dans l'alimentation du cheptel ruminant sur pied à l'issue des tests de digestibilité, ou tout simplement contribuer à la restauration de la fertilité des sols par enfouissement (labour en fin septembre) soit après compostage de la paille coupée.

3. Volet 2 : Compostage de la paille de fonio

3.1. Contexte et problématique

Le secteur de l'agriculture occupe la première place de l'économie nationale au Burkina Faso et occupe plus de 8 % de la population active. Cependant, avec la forte croissance démographique on assiste de plus en plus à une raréfaction des terres cultivables. Jadis, les jachères pouvaient atteindre plus de 30 ans d'âge mais progressivement les jachères sont devenues beaucoup plus courtes (1 – 4 ans) et même, aujourd'hui, en voie de disparition. Avec la raréfaction des terres cultivables, on constate une utilisation de plus en plus croissante des terrains autrefois jugés inaptes à la culture.

Face à cette insuffisance des terres, de nombreux paysans sont contraints d'exploiter les mêmes superficies chaque année. La surexploitation de nombreuses aires de culture est accompagnée d'une minéralisation d'une grande partie de la fraction organique du sol. Face à l'absence d'une restitution organique pour compenser ces pertes, on assiste à une dégradation progressive de la quasi-totalité des terres qui est à l'origine d'une baisse permanente des productions agricoles.

Avec le coût croissant des engrais minéraux, une solution alternative est aujourd'hui envisageable pour une meilleure intensification de l'agriculture au Burkina. Pour une exploitation durable des terres, il est indispensable d'intégrer aux pratiques agricoles actuelles, de nouvelles techniques de restauration des sols. En zone ouest du Burkina, la technique du compostage en fosse de résidus de récolte (pailles de fonio et tiges cotonnier hachées) abandonnés après les récoltes a été envisagée.

3.2. Objectifs

3.2.1. Objectif global

Il vise à accroître la fertilité des sols grâce aux matières organiques produites sur l'exploitation agricole (pailles, tiges, fumure animale) afin d'améliorer le niveau de production des cultures contribuant ainsi à une amélioration des conditions de vie des producteurs.

3.2.2. Objectifs spécifiques

- Produire du compost de bonne qualité et en quantité suffisante
- Mieux valoriser l'utilisation des résidus de cultures (paille de fonio, tige de coton) et des déjections animales
- Afin :
 - ✓ D'augmenter la productivité des cultures dans les unités de production (fonio, coton, céréales...)
 - ✓ D'améliorer le revenu monétaire des producteurs
 - ✓ D'intensifier la production agricole

3.3. Matériels et méthode

3.3.1. Matériels

3.3.1.1. Les fosses compostières

Au total, huit fosses compostières ont été utilisées en station. Chaque fosse a un volume de 4m³ (dimensions de 2 x 2 x 1 m) avec murs cimentés en briques de banco et fond en terre battue.

3.3.1.2. Les matières végétales à composter

L'expérimentation de compostage a pris en compte deux types de matières végétales

- les tiges de cotonnier hachées (fortement lignifiées) ;
- la paille de fonio (faiblement lignifiée).

3.3.1.3. Les activateurs du compostage

Deux types d'activateurs biologiques ont été pris en compte

- le fumier d'amorce pour la fermentation est représenté par la fumure animale (bouses de vache) en provenance de la ferme de Banankéléda (située à 15 km de Bobo-Dioulasso).
- l'activateur biologique « *Compost plus* » : Le « *Compost plus* » est un inoculum qui active et accélère la décomposition de la matière organique. Il se présente sous forme de granulation sur un support solide, conditionné dans des sachets en polyéthylène de 2,5kg. Il a été obtenu auprès de la société "Green-cross" basée à Ouagadougou.

3.3.1.4. Les autres matériels

Il s'agit essentiellement du hache-paille, des pesons, des bâches, des arrosoirs, ainsi que des fûts et fourches pour l'arrosage et le retournement. Pour les mesures de températures et de matières sèches, un thermomètre et une étuve ont été utilisés.

3.3.2. Méthodologie

Deux expérimentations ont été réalisées simultanément

- ✓ Expérimentation 1 : compostage de pailles de fonio
- ✓ Expérimentation 2 : compostage de tiges de cotonnier hachées.

Pour chaque expérimentation on distingue 4 traitements :

- T1 : (témoin) : résidus de récolte + 1 arrosage au démarrage
- T2 : (compostage avec apport de fumure sans retournement) : résidus de récolte + 20 % de fumure animale (FA) + 1 arrosage au démarrage
- T3 : (compostage avec Compost+) : résidus de récolte + activateur biologique « *Compost+* » + 4 retournements (tous les 15 jours) + arrosage au retournement si nécessaire + 1 bâche
- T4 : (compostage avec fumure animale) : résidus de récolte + 20 % de fumure animale (FA) + 4 retournements (tous les 15 jours) + arrosages au retournement si nécessaire

Paille de fonio	Tige de coton
Fosse1 : T3 <ul style="list-style-type: none"> • Paille de fonio + « <i>Compost +</i> » + arrosage au démarrage + retournements + arrosage si nécessaire tous les 3 jours • Apport C+ : 0,28 kg C+ / m³ • Apport d'eau : 2000 l (10 fûts de 200 l au démarrage) • Retournement tous les 15 j (soit 4 retournements) 	Fosse1 : T3 <ul style="list-style-type: none"> • Tiges de coton hachée + « <i>Compost +</i> » + arrosage démarrage + retournements + arrosage au retournement si nécessaire • Apport C+ : 0,28 kg C+ / m³ • Apport d'eau : 1500 l pour 2000 kg de biomasse • Retournement tous les 15 j (soit 4 retournements)
Fosse 2 : T1 (témoin) Paille de fonio + 1 arrosage au démarrage Apport d'eau = 2000 l au démarrage	Fosse 2 : T1 : (témoin) Tiges de coton + 1 arrosage au démarrage
Fosse 3 : T2 Paille de fonio + 20 % de FA + 1 arrosage au démarrage Apport d'eau = 2000 l au démarrage	Fosse 3 : T2 Tiges de coton + 20 % de FA + 1 arrosage au démarrage
Fosse 4 : T4 Paille de fonio + 20 % de FA + arrosage au démarrage + retournements + arrosages si nécessaire tous les 3 jours <ul style="list-style-type: none"> • Apport FA : 20 % de la biomasse totale • Apport d'eau : 2000 l au démarrage • Retournement tous les 15 j (soit 4 retournements) 	Fosse 4 : T4 Tiges de coton + 20 % de FA + arrosage au démarrage + retournements + arrosages au retournement si nécessaire <ul style="list-style-type: none"> • Apport FA : 20 % de la biomasse totale • Apport d'eau : 1500 l pour 2000 kg de biomasse • Retournement tous les 15 j (soit 4 retournements)

NB : le témoin (T1) intercalé entre le T3 (Compost+) et les T2 et T4 (compostage avec fumure animale) minimiseront les risques de contact entre le T3 et les traitements incorporant la fumure organique.

Tableau 9. Plan de l'essai

3.3.2.1. Préparation des résidus de culture

Le cotonnier étant un végétal très ligneux et rigide comparativement au fonio, les tiges ont été préalablement fragmentées à l'aide d'un hache-paille en des morceaux plus petits ne dépassant pas 10 cm de long. La paille de fonio a été utilisée en l'état.

3.3.2.2. Le remplissage des fosses

Avant de remplir chaque fosse, le fond a été aménagé de manière à entretenir une certaine aération. Pour cela des morceaux de bois, des branchages ou des tiges (maïs ou mil) ont été disposés au fond sur environ 10 cm d'épaisseur et un passage vers l'extérieur a été réalisé par des piquets en bois placés aux différents angles de la fosse. Une faible couche de chaque résidu de culture de 5 cm d'épaisseur a été étalée et a servi de couche d'absorption.

Le remplissage de la fosse s'est fait par strates. Les résidus végétaux ont été entassés en sec par couche de 30 cm environ (4 à 5 manœuvres ont tassé la strate par piétinement). Les strates de résidus végétaux ont ainsi été tassées au fur et à mesure de l'apport et arrosées de façon homogène.

Apport d'eau initial (T1, T2, T3, T4) : au moment du remplissage de la fosse, l'apport total en eau a été calculé en proportion de la quantité de biomasse de résidus à raison de 0,75 l d'eau par kg de résidus mis en fosse.

Apport des activateurs :

- Compost + (T3) : la quantité de Compost+ a été apportée par strate de 33 cm (1112 g pour environ 400 kg de paille de fonio).
- Fumure animale (T2 et T4) : la quantité de fumure animale nécessaire pour chaque strate de 33 cm a été calculée à raison de 20% FA.

Le remplissage de la fosse a été effectué en 1 jour. Les quantités de résidus végétaux apportées, de fumures animales ainsi que les apports d'eau au départ (pour les traitements T2 et T4) sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Traitements	Paille de fonio	Tiges de cotonnier
Traitement 1 (T1)	Biomasse végétale : 330 kg Apport en eau : 10 fûts de 200l	Biomasse végétale : 197 kg Apport en eau : 200 l
Traitement 2 (T2)	Biomasse : 330 kg Apport en eau : 10 fûts de 200l Apport en fèces : 90 kg	Biomasse : 240 kg Apport en eau : 300 l Activeurs : 60 kg de fèces
Traitement 3 (T3)	Biomasse : 414 kg Apport en eau : 10 fûts de 200 l Activeurs : 1112 g de compost +	Biomasse : 285 kg Apport d'eau : 300 l Activeurs : 550 g
Traitement 4 (T4)	Biomasse : 330 kg Apport en eau : 10 fûts de 200l Apport en fèces : 90 kg	Biomasse : 240 kg Apport en eau : 300l Activeurs : 60 kg de fèces

Tableau 10. Quantités d'eau et de biomasses apportées au départ pour chaque traitement

En fin de remplissage, la fosse a été protégée par une couverture dense, mais aérée en utilisant des vieux sacs en nylon (sac de 100 kg de contenance). Les fosses T3 et T4 ont été couvertes par une bâche. Cela permet de limiter les excès d'eau en temps de pluie et les pertes d'eau par évaporation.

3.3.2.3. Les retournements et le contrôle de l'humidité

Retournement. Pour les traitements T3 et T4, les fosses ont été retournées tous les 15 jours soit 4 retournements au total (T1 et T2 ne sont jamais retournés). Le retournement consiste à vider la fosse puis à intervertir l'ordre de succession des couches. Il permettra en outre de suivre l'évolution du compost.

Contrôle de l'humidité. Pour que les débris végétaux mis en fosse produisent un compost de qualité, un taux d'humidité d'environ 50 % a été maintenu pendant l'opération. Le contrôle de l'humidité a été effectué tous les trois jours pendant les prises de température. A chaque contrôle on retire une poignée de compost et lorsqu'on la presse l'eau ne doit pas couler mais seulement laisser des traces d'humidité sur la main. Si le compost est trop sec, on ajoute un peu d'eau lors des retournements.

3.3.2.4. Contrôle du processus de compostage : suivi de la température

La température du compost dans chaque fosse a été mesurée tous les 3 jours à trois hauteurs:

- 1) au fond de la fosse (0 cm du fond) ;
- 2) à 30 cm du fond ;
- 3) à 60 cm du fond.

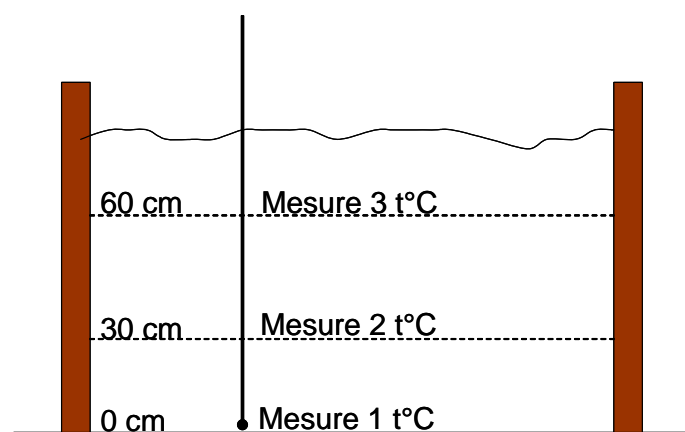


Figure 17. Protocole de mesure de la température

3.3.3. Durée des opérations

La durée de l'opération de compostage est variable suivant le type de traitement. Pour les traitements T1 et T2 qui constituent un mode extrêmement lent de production de fumure organique, il était prévu initialement une période de plus de dix mois, tandis que pour le processus accéléré (traitements T3 et T4) une durée maximale de six mois a été observée. Finalement, la durée a été la même pour tous les traitements, 6 mois (mai à octobre) en raison de la clôture du projet FONIO.

3.3.4. Maintien de l'humidité du compost

Lorsque l'évolution du mélange est achevée, pour atteindre le stade compost, il doit conserver une certaine humidité. Pour cela le tas de compost est resté couvert de sacs en plastique.

3.3.5. Vidange de la fosse

Les fosses ont été vidées au mois de novembre soit environ six mois après la mise en fosse. Le compost mûr est facilement reconnaissable car il a l'aspect du terreau et a une structure particulière. Sa couleur dominante est le noir et seuls quelques rares fragments sont toujours reconnaissables à la fin de l'opération. Les différents types de composts produits ont été pesés pour chaque fosse et séchés au soleil. Un échantillon de chaque type de compost a été prélevé pour réaliser des analyses chimiques au laboratoire (N, P, K).

3.3.6. Analyse des données

Les données ont été enregistrées et analysées avec le logiciel Excel.

- 1) Suivi de l'évolution de la température du compost : tous les 3 jours à 3 profondeurs (fond de fosse, 30 cm du fond, 60 cm du fond)
- 2) Rendement du traitement. Rendement = MS compost produit / MS biomasse apportée
- 3) Qualité du compost = composition chimique des composts : taux de MS, taux de matière organique, C/N, N, P, K par kg de compost produit
- 4) Aspects économiques
 - Temps de travail /kg de compost produit
 - Dépenses /kg de compost produit

3.4. Résultats

3.4.1. Compostage de la paille de fonio

3.4.1.1. Suivi des températures

Traitement 1 (témoin) : Paille de fonio + un seul apport d'eau. La température la plus élevée a été de 62 °C obtenue une semaine après la mise en fosse au niveau des couches superficielles (60 cm du sol). La température la plus faible a été de 31 °C à mi septembre obtenue sur l'ensemble des niveaux de mesure (0, 30 et 60 cm de profondeur). L'allure de la courbe indique une baisse de l'activité après la mi-juillet. A tous les niveaux de mesure, la température est en baisse et tend à s'uniformiser au début septembre (figure 18).

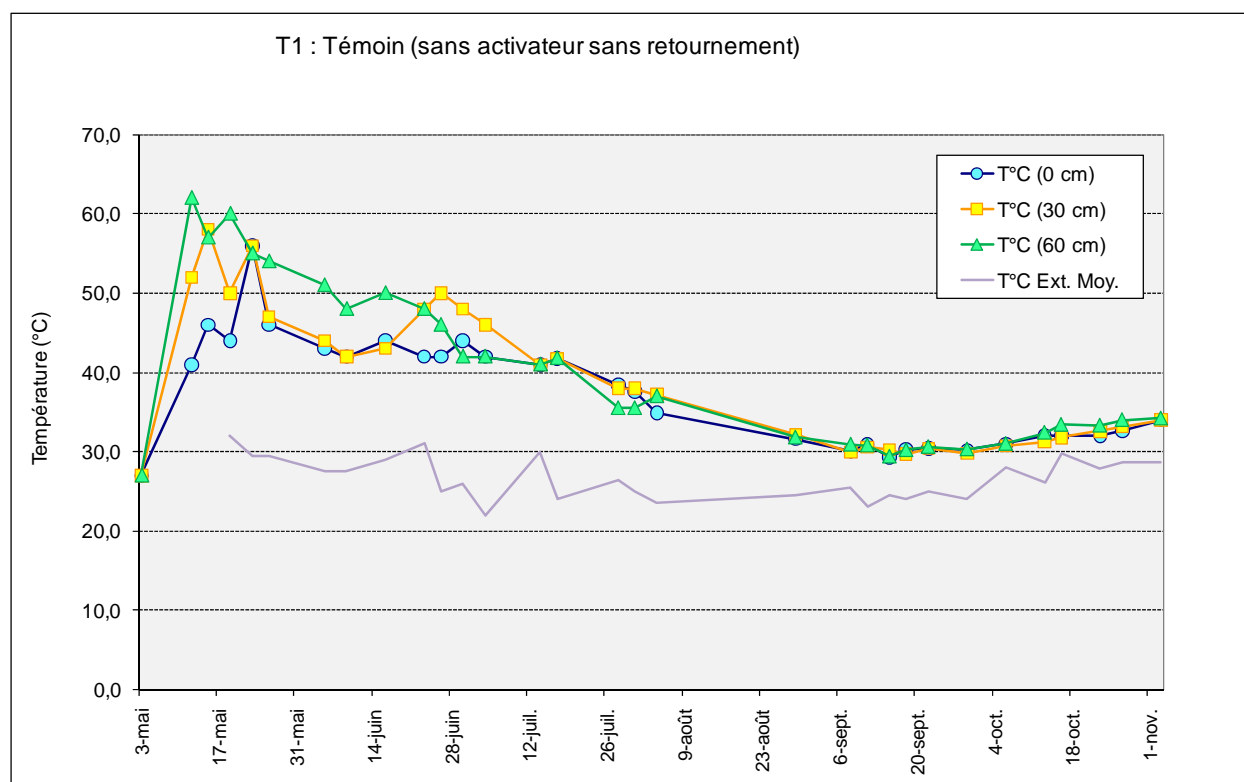


Figure 18. Evolution de la température au cours du compostage de la paille de fonio pour le traitement 1

Traitement 2 : Paille de fonio + fèces + un seul apport d'eau sans retournement. Pour le processus de compostage, la température la plus élevée a été enregistrée à 60 cm environ une semaine après la mise en fosse ; celle-ci est restée pratiquement élevée comparativement à celle enregistrée sur les autres couches (0, 30 cm). Après la mi-juillet, l'ensemble des températures est en baisse mais tend à s'uniformiser comme en témoigne l'allure des courbes (figure 19).

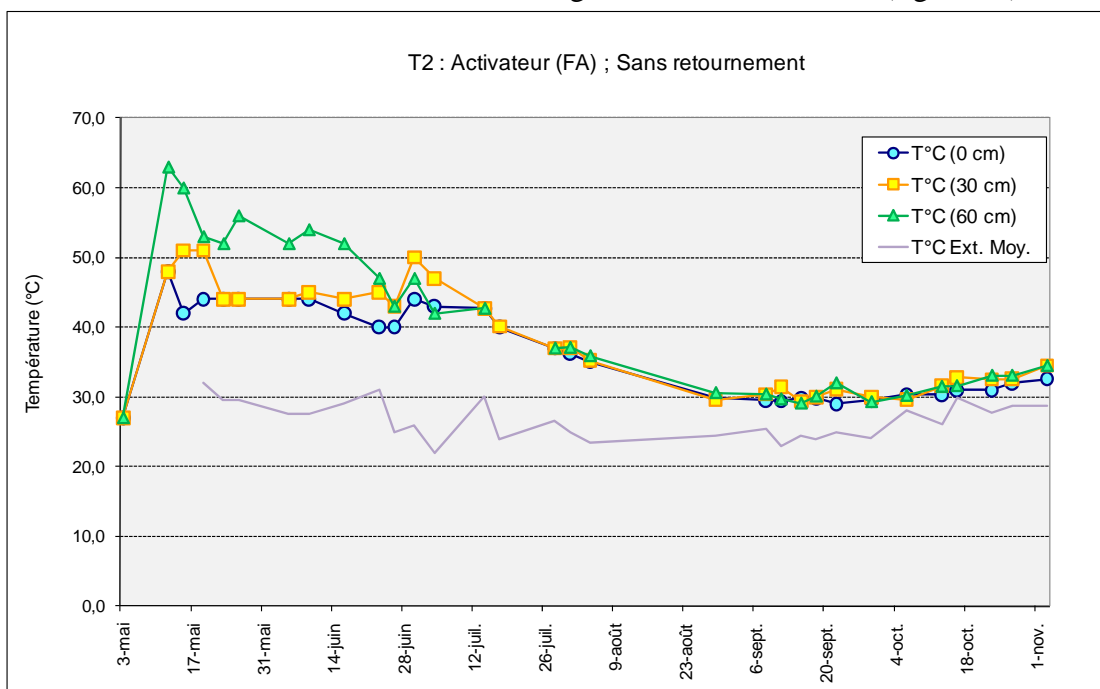


Figure 19. Evolution de la température au cours du compostage de la paille de fonio pour le traitement 2

Traitement 3 : paille de fonio + Activateur « compost plus »+ retournements. Les retournements réactivent le processus de compostage. Ce phénomène est particulièrement visible pour le 4^{ème} retournement effectué fin juin. L'augmentation de la température du tas mis en fosse est variable en fonction de la profondeur au cours du processus de compostage. On remarque que plus on se trouve en profondeur et plus la température est basse. La température la plus élevée 59°C est obtenue à 60 cm en fin juin et la plus faible (30,1°C) a été enregistrée au fond de la fosse en début septembre (figure 20).

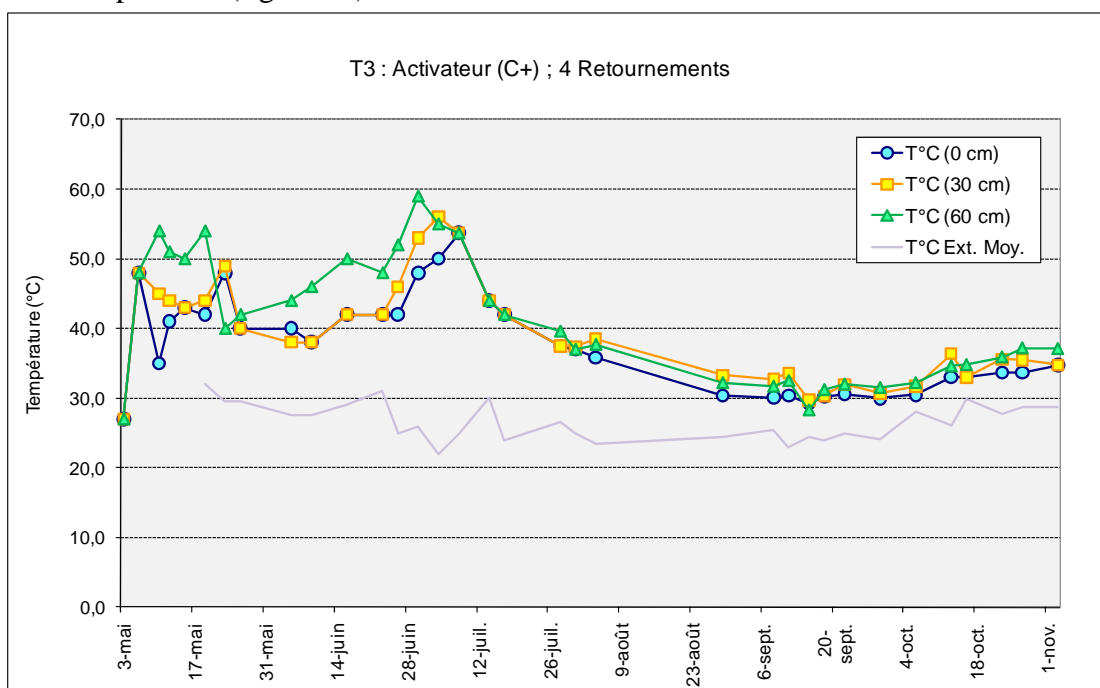


Figure 20. Evolution de la température au cours du compostage de la paille de fonio pour le traitement 3

Traitement 4 : Paille de fonio + fèces + apport d'eau + retournements. Pour ce traitement, l'effet de réactivation de la décomposition par le retournement est encore plus net (forte hausse de la température suite au retournement de mi mai et de fin juin). Sur l'ensemble des trois niveaux de mesure de température, la température la plus élevée a été observée dès la première semaine de la mise en route de l'opération de compostage ; elle a été de 58°C, enregistrée à 60 cm du sol. La température la plus faible a été de 28°C à la même profondeur à la fin de la première semaine du mois de septembre. La courbe représentative de la moyenne des températures indique une intense activité des microorganismes entre mai et juillet (figure 21).

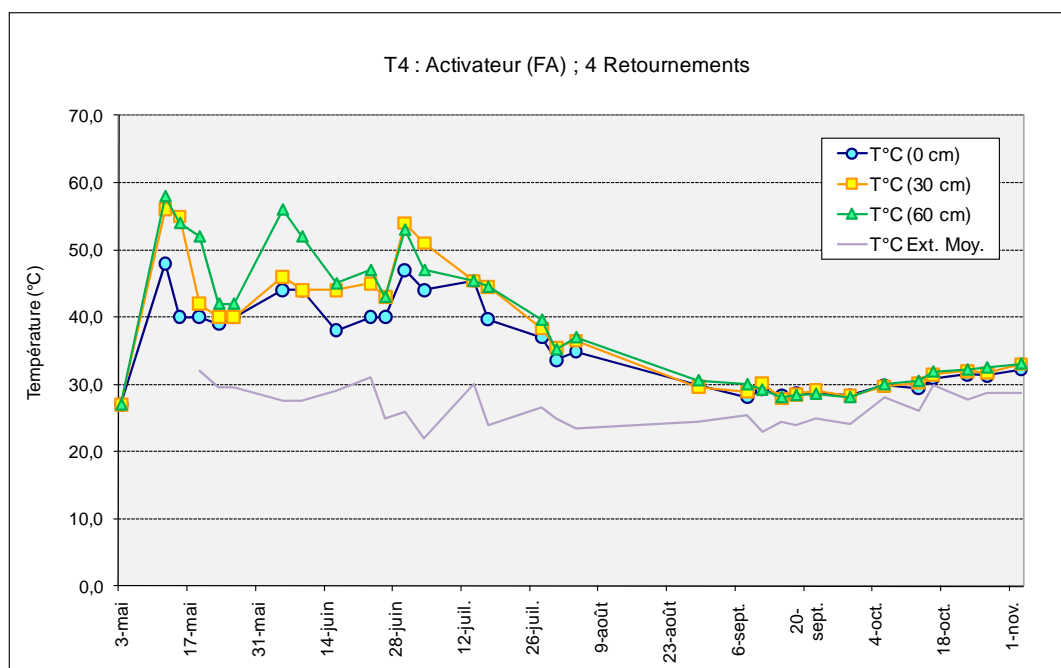


Figure 21. Evolution de la température au cours du compostage de la paille de fonio pour le traitement 4

Températures moyennes. La figure 22 indique l'évolution moyenne des températures au niveau de chaque fosse en fonction de la température extérieure.

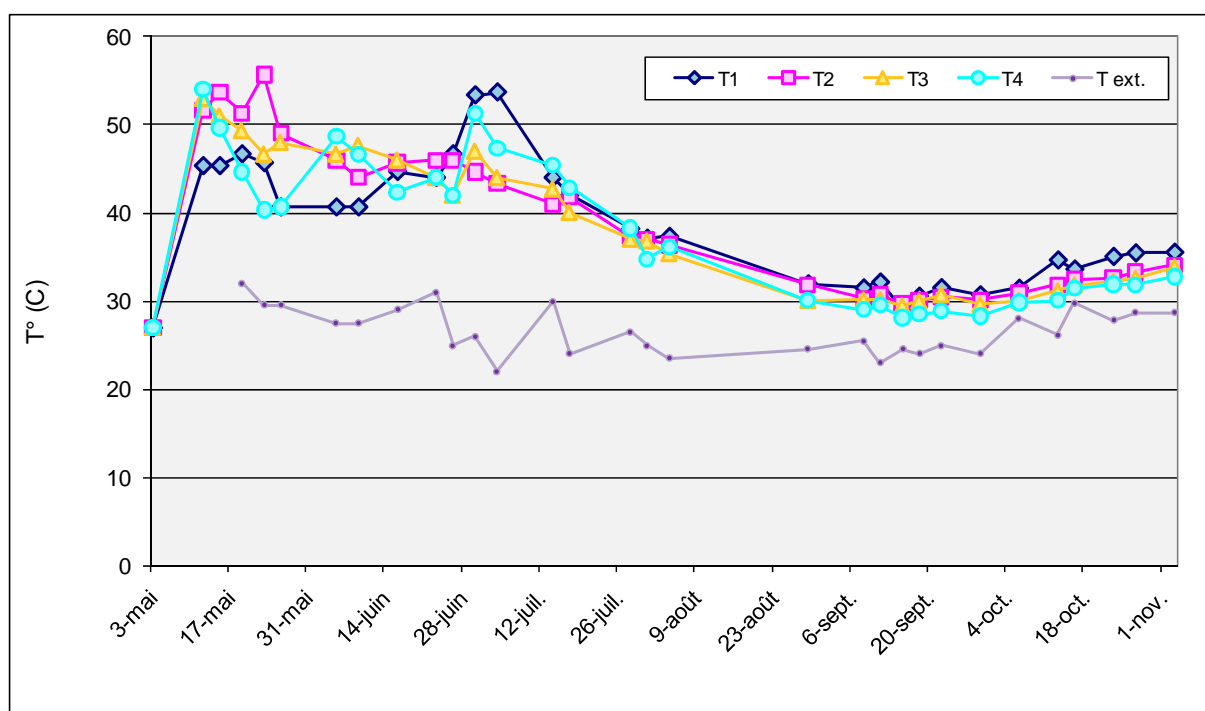


Figure 22. Evolution moyenne des températures au cours du compostage de la paille de fonio

Traitement 1 (paille de fonio témoin): D'une façon générale, la température moyenne la plus élevée, observée en fin mai, est de l'ordre de 56°C ; quant à la moyenne la plus faible, elle a été observée à la fin de la première décade du mois de septembre (31°C).

Remarques et observations : Environ trois semaines après la mise en fosse, une forte élévation de la température s'est manifestée ainsi qu'une bonne humidité ; ce qui témoigne de la présence d'une activité bactérienne. Passé ce délai, on note un assèchement progressif de la paille surtout au niveau des couches superficielles, suivi d'une baisse générale la température, le tas se tasse progressivement jusqu'à une hauteur d'environ 80 cm.

Entre la fin de la première décade et la fin du mois de juillet, le processus de décomposition est en cours ; on note toujours un besoin en eau, le tas commence à se noircir par endroits. Il s'agit en fait de poches d'entrée qui se sont créées au cours des opérations de prises de température. Ces poches ont favorisé l'infiltration de l'eau de pluie au niveau des couches profondes. Dans la technique de compostage lent de la paille de fonio où aucun retournement n'est réalisé, le producteur n'ayant à sa disposition ni source d'eau, ni fèces, la création de poches d'entrée afin de faciliter le passage de l'eau de pluie pourrait s'avérer intéressante. En début novembre la hauteur du tas a été estimée voisine de 45 cm.

Traitement 2 : La température maximale est estimée à 53°C une semaine après la mise en fosse alors que la température la plus basse a été de 31°C observée à la fin de la première décade de septembre. La chute de température en deçà de 40°C indique le ralentissement du processus en cours ; cela est observée lorsque survient un problème au cours du processus (par exemple trop d'eau ou manque d'eau...) ou tout simplement pendant la phase de maturation du compost.

Remarques et observations : Dès les deux premières semaines qui ont suivi la mise en fosse, le tas est caractérisé par l'apparition de filaments blanchâtres avec des températures élevées (supérieures à 50°C) et un taux d'humidité acceptable. Très vite, la température commence à baisser, le tas devient de plus en plus sec jusqu'à mi-juin. A partir de fin juin, les couches superficielles (10 à 15 cm en profondeur) après avoir bénéficié d'une bonne partie des eaux de pluies commence à se décomposer peu à peu. Quant aux couches profondes, elles n'ont pratiquement pas évolué. Le traitement 2 n'ayant pas subi de retournement, les couches superficielles n'ont pas été décomposées de façon homogène. En fin juillet, on peut noter la présence d'escargots dans une faible mesure. La hauteur du tas au vidage de la fosse était voisine de 50 cm.

Traitement 3 : Dans l'ensemble, la température moyenne la plus élevée a été de 53,7°C enregistrée dans la première décade du mois de juillet et la moyenne la plus faible de 29°C à mi-septembre.

On constate une forte activité microbienne au cours du compostage entre début mai et fin juillet. Au début du mois d'août l'activité des microorganismes a fortement baissé comme en témoigne les valeurs de températures inférieures à 40 °C. Cette baisse de température révèle un ralentissement du processus de dégradation de la paille de fonio ayant bénéficié de l'activateur biologique *compost +*. Cela pourrait s'expliquer par les fortes pluies survenues entre juillet et septembre.

Malgré la baisse de température le processus de décomposition de la paille est toujours en cours et explique pourquoi la température à l'intérieur de la fosse est restée supérieure à celle mesurée à l'extérieur pendant tout le processus.

Remarques et observations : Les 15 premiers jours qui ont précédé la mise en fosse de la paille, ont été caractérisés par un besoin permanent en eau. On note la présence de zones sèches et l'assèchement de paille s'est traduite par une légère baisse de la température après le pic obtenu au 3^{ème} jour. Avec les apports d'eau réalisés au cours du suivi le besoin en eau a progressivement diminué. Le premier retournement réalisé une quinzaine de jour après la mise en fosse, c'est-à-dire à la fin de la seconde décade du mois de mai, a permis de mieux aérer la paille et de lui

assurer une certaine humidité. Après le 1^{er} retournement, les apports en eau ont considérablement baissé se traduisant par une bonne humidité de la paille. On note un début de décomposition de la paille dans les couches profondes.

A mi-juin, la paille présente une assez bonne humidité. On note l'apparition de filaments de champignons bien développés au centre du tas et le processus de décomposition est toujours en cours avec un affaissement de 20 cm du tas qui passe de 100 cm à 80 cm.

Depuis la mise en fosse jusqu'à la fin du 4^{ème} retournement (début juillet), le tas de compost est resté humide et chaud avec une température supérieure à 40°C au niveau de la fosse. Cela est surtout dû aux différents retournements opérés tous les 15 jours pour ce traitement.

La phase de maturation du compost pour le traitement 3 se passe entre mi-juillet et début novembre où la température est en baisse avec une valeur qui tend vers la température extérieure. Cette phase se déroule progressivement et se caractérise par la présence de moisissures sur les bords de la fosse et par la présence de quelques champignons très développés (environ 10 cm) dans le tas entre mi juillet et début septembre. Passée cette période, des vers rouges (lombrics) et des escargots s'installent sur le tas jusqu'à la fin du mois d'octobre. En début novembre le tas de compost est noir et friable et a diminué de moitié avec une hauteur d'environ 55 cm.

Traitement 4 : La température moyenne maximale s'élève à 54°C. En fin juillet, l'activité est en baisse et on peut alors constater des valeurs thermiques inférieures à 30°C à partir du mois de septembre. Les retournements effectués au cours de l'opération favorisent la montée de température. Ils permettent d'aérer le tas de compost et de relancer les fermentations aérobies par les bactéries thermophiles.

Tout comme avec le « *compost +* », la paille mélangée à la fumure animale est caractérisée, dès les premiers jours après la mise en fosse, par une forte élévation de température avec cependant un fort besoin en eau caractérisé par des tâches blanches et des fèces sous forme de crottes. Les apports réguliers en eau ainsi que les différents retournements réalisés au cours de l'opération ont cependant très vite permis de relancer à chaque fois le processus de décomposition de la paille. Le processus est surtout caractérisé par la présence des termites sur l'accotement au 2^{ème} retournement réalisé à la fin de la première décade du mois de juin. Ensuite, au 3^{ème} retournement (fin juin) outre les termites, de nombreux filaments de champignons au niveau du tas ont été observés. A cette période la paille de fonio est presque décomposée ; les fibres de la paille se détachent facilement et le tas est de plus en plus noir. Au 4^{ème} retournement, vers la mi-juillet, le tas présente une structure plus ou moins homogène; la paille est émietlée, le tas est toujours chaud et on note la présence de quelques vers de terre de type lombric. En fin juillet, on observe une très bonne décomposition du tas de compost en formation ainsi qu'une bonne teneur en eau dû aux fortes pluies tombées à cette période de l'année. Les termites sont toujours présents aux extrémités de la fosse et la paille de fonio est décomposée en fragment plus court. Le tas reste couvert d'une mince couche blanche de moisissures ressemblant à une toile d'araignée, avec des champignons en formation au dessus du tas. L'apparition des lombrics et des termites dans la fosse a été observée un peu plus tard vers fin août. Au fil du temps ces derniers ont été en proportions élevées et de grandes tailles. La hauteur du tas en fin de compostage (début novembre) est de 40 cm.

3.4.1.2. Rendements en composts produits

Le tableau 11 donne les rendements en composts produits pour chaque traitement réalisé

Traitements	Qté d'eau apporté (en l)	Qté de paille (kg)	Qté de FA (kg)	Qté Compost + (kg)	Qté totale MS (kg)	Nombre de Retournement	Compost frais (kg)	% MS	Compost sec (kg)	Rdts
Traitement 1	2000	330			330		550,2	19%	103,1	31,24%
Traitement 2	2000	330	90		420		663,1	24%	156,6	37,30%
Traitement 3	2690	414,4		1,1	416	4	522,5	19%	97,9	23,57%
Traitement 4	4160	330	90		420	4	355,9	24%	85,6	20,37%

Tableau 11. Rendements composts selon le traitement et le mode compostage

Pour le compostage lent (traitement 2) et le témoin (traitement 1), les rendements en composts produits sont de l'ordre de 30% tandis que dans le cas du processus de compostage accéléré le taux de compost est situé autour de 20 %. Ce rendement obtenu dans le cas du compostage illustre l'état de décomposition de la paille de fonio dans les deux cas de figures (compostage lent et compostage accéléré). Cette très bonne décomposition de la paille de fonio s'explique en partie par les apports d'eau opérés tous les trois jours. En effet, l'apport d'eau est réalisé de telle sorte qu'on ait une humidité optimale qui favorise un développement harmonieux des bactéries, des champignons et des vers rouges du fumier qui transforment ainsi les matières apportées en compost. A l'inverse, le manque d'eau est un facteur limitant qui ralentit le processus de compostage. Ce sont alors surtout des champignons qui se développent et assurent la transformation du compost sans montée de température. On les reconnaît à leurs filaments blanchâtres (traitements 1 et 2).

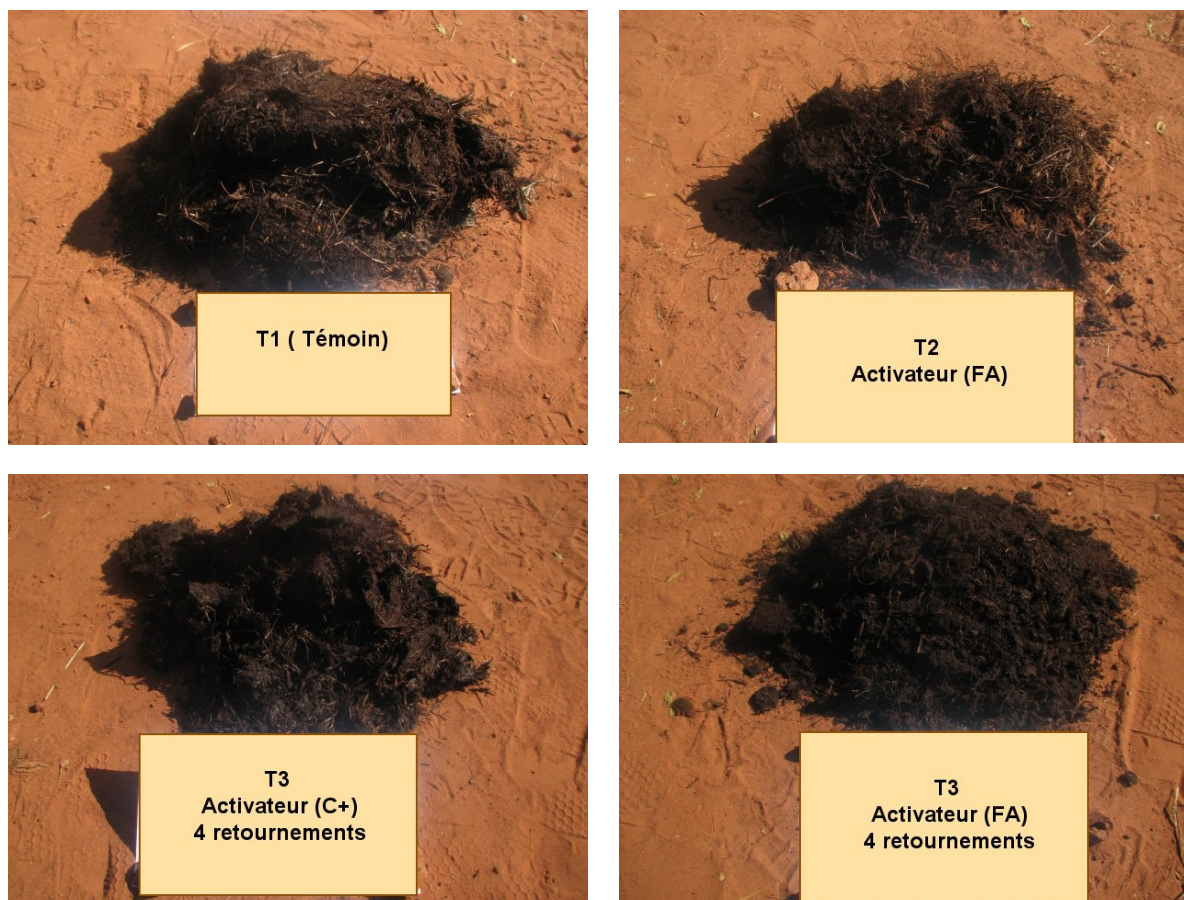


Figure 23. Composts résultants des 4 traitements

En plus de l'apport en eau, la très bonne décomposition de la paille de fonio pour les traitements T3 et T4 a été beaucoup favorisée par les différents retournements réalisés au cours du compostage. Ces retournements du tas présentent non seulement l'avantage de relancer la fermentation « chaude », mais aussi de détruire une grande partie des grains indésirables. Les premiers retournements qui interviennent pendant que la phase bactérienne est encore active, permettent de relancer les fermentations aérobies par les bactéries thermophiles. De plus ils permettent à chaque fois de décompacter et de bien mélanger les différents matériaux (pailles avec bouses de vache ou paille avec *Compost +*) pour obtenir finalement un tas de compost homogène et bien décomposé. Avec les retournements, les éléments fermentescibles toujours présents dans le mélange sont dégradés engendrant, à chaque fois, une nouvelle poussée de chaleur.

3.4.1.3. Bilan chimique

Le mélange initial est très riche en carbone. Pour les traitements T1 et T3, sans apport de fumure animale, le rapport $C/N_{initial} = 101$, pour les traitements T2 et T4 $C/N_{initial} = 62$.

Pour le traitement témoin (T1), le produit a très peu évolué durant le processus de compostage : minéralisation faible (mo élevée : 80,16%MS). Il reste pauvre en P.

Pour le traitement avec apport de fèces et sans retournement (T2), le produit a plus évolué durant le processus de compostage, mais moins que pour les traitements T3 et T4 : minéralisation faible (mo élevée : 74,28%MS). L'apport de fumure animale a permis d'enrichir le compost en P.

Pour le traitement avec apport de Compost+ et retournements (T3), le produit a un peu plus évolué durant le processus de compostage, cependant la minéralisation a été moyenne (mo : 70,80%MS). Le compost est pauvre en P (contrairement au traitement précédent).

Pour le traitement avec apport de fumure animale et retournements (T4), le produit a fortement évolué : minéralisation élevée (mo : 55,03%MS). Le compost est plus riche en P.

Conclusion : le traitement T4 a permis d'obtenir durant l'intervalle de l'expérimentation le compost le plus mur, le plus équilibré et le plus riche en N et en P. C'est le traitement que nous recommandons.

	pHeau	Carbone (%MS)	M.O (%MS)	N (%MS)	C/N	P_total mg/kg	K_total mg/kg
Produits de base du mélange							
Paille de fonio (échantillon de base)	6,96	52,75	90,94	0,53	99	996,61	5840,00
Fumier Animal	7,61	36,23	62,46	1,76	21	3705,02	4720,00
Produits finis							
Paille de fonio T1 (témoin)	8,15	46,49	80,16	1,28	36	820,03	8480,00
Paille de fonio T2 (20% fèces sans retournement)	7,60	43,09	74,28	1,76	24	1427,72	6100,00
Paille de fonio T3 (compost + et retournements)	7,65	41,07	70,80	1,39	29	808,07	4640,00
Paille de fonio T4 (20% fèces et retournement)	7,15	31,92	55,03	1,48	22	1485,33	2200,00

(mesures du laboratoire sol-eau-plante, Prog. GRN-SP, INERA)

Tableau 12. Résultat de l'analyse chimique des échantillons de compost

3.4.2. Compostage des tiges de cotonnier

3.4.2.1. Suivi des températures

Traitement 1 : Tiges de cotonnier seul (témoin) + un seul apport d'eau

L'allure de la courbe indique que la température tend à rester uniforme aussi bien au fond de la fosse qu'au niveau des couches superficielles (30 cm du sol). Une semaine après la mise en fosse, les températures les plus élevées ont été estimées à 44°C au fond de la fosse contre 45°C à 30 cm du sol. Après cette période, la température a progressivement baissé à partir du mois de juin jusqu'à se stabiliser autour de 30°C.

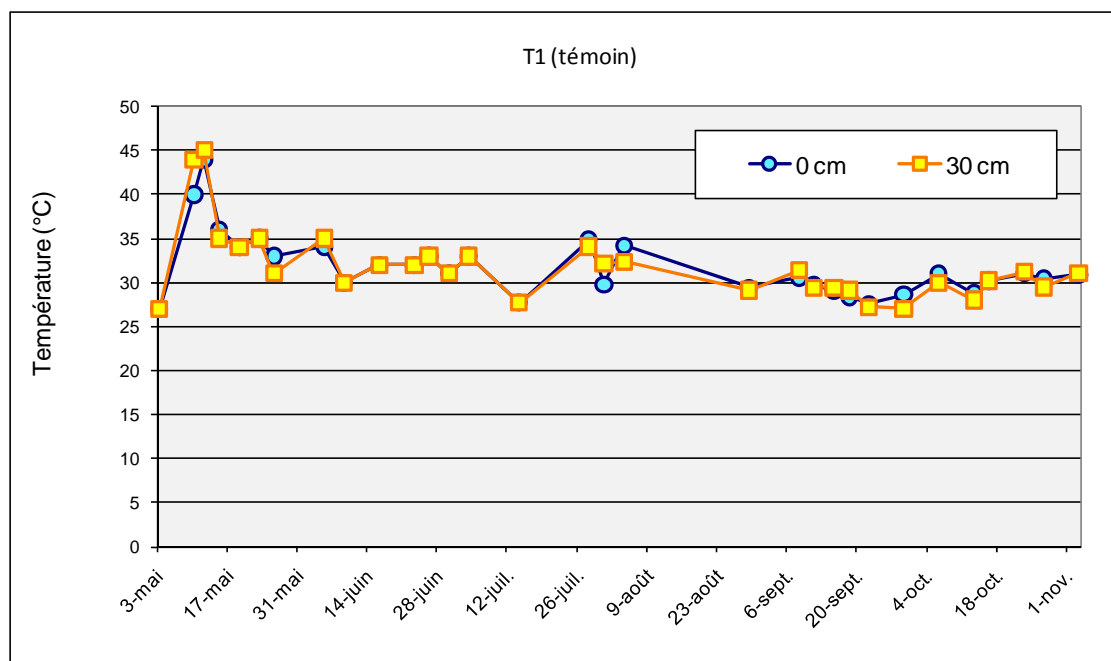


Figure 24. Evolution de la température au cours du compostage des tiges de cotonnier pour le traitement 1

Traitement 2 : Tiges de cotonnier + fèces + un seul apport d'eau sans retournement

L'allure de la courbe indique que les températures ont pratiquement été les mêmes aussi bien au fond de la fosse qu'à 30 cm au dessus du sol (figure 25). Les températures les plus élevées ont été observées 3 semaines après la mise en fosse, c'est-à-dire à la fin de 2^{ème} décade du mois de mai ; ces températures ont été de 46°C et 48°C respectivement au fond de la fosse et à 30 cm du sol. Cette élévation tardive de la température s'explique par le manque d'eau après la mise en fosse des tiges. En effet, les tiges n'ayant plus bénéficié d'eau après leur mise en fosse, se sont très vite asséchées après quelques jours.

Avec l'installation de la saison hivernale, les tiges au niveau de la fosse ont pu à nouveau bénéficier d'eau. L'arrivée des premières pluies a permis d'humecter aussi bien les tiges de cotonnier que la bouse apportée et de relancer l'activité de décomposition par les microorganismes. A partir de début juin, la température du tas de compost en formation est progressivement en baisse tout en restant légèrement supérieure à 30°C.

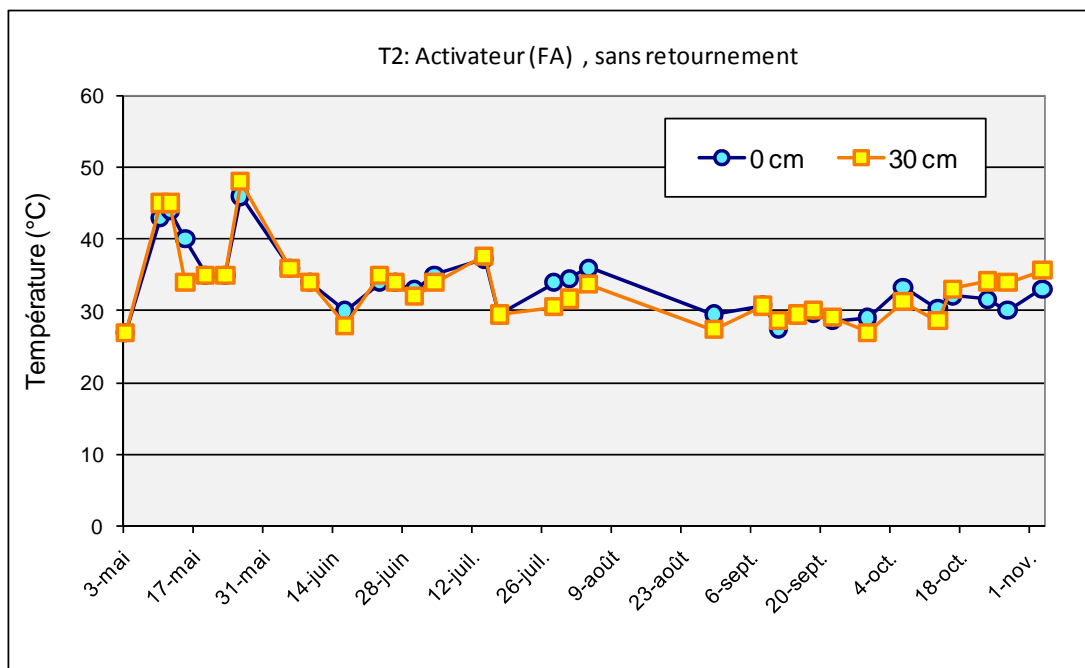


Figure 25. Evolution de la température au cours du compostage des tiges de cotonnier pour le traitement 2

Traitement 3 : Tiges de cotonnier + activateur «Compost plus»

Les plus hautes températures ont été enregistrées deux semaines après la mise en fosse. Des températures de 55°C et 56°C ont été notées respectivement au fond de la fosse et à 30 cm du sol (figure 26). Le premier retournement a fortement relancé l'activité de décomposition microbienne (forte élévation de la température après le 15 mai). Environ 3 semaines plus tard la température de la fosse chute considérablement (et reste inférieure à 40°C). A la fin de la première semaine du mois de juillet, la température baisse lentement jusqu'à environ 30°C et tend à être uniforme aux différents niveaux de mesure.

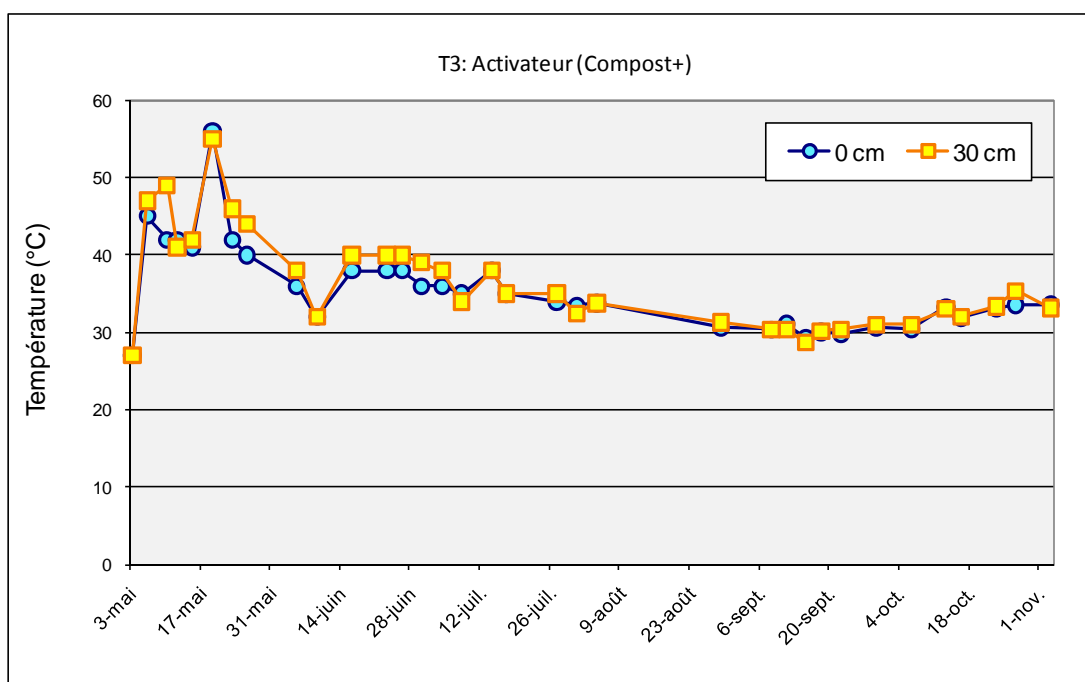


Figure 26. Evolution de la température au cours du compostage des tiges de cotonnier pour le traitement 3

Traitement 4 : Tiges de cotonnier + fèces + apport d'eau avec retournement

Dans ce traitement, il a été constaté un échauffement rapide du tas de compost en formation dès les 5 premiers jours. La température la plus élevée (50°C) a été observée à 30 cm du sol. Le tas était retourné à des intervalles de temps réguliers pour permettre de stimuler, à chaque fois, l'activité des microorganismes qui s'est caractérisée par une succession de ressauts de température après chaque retournement.

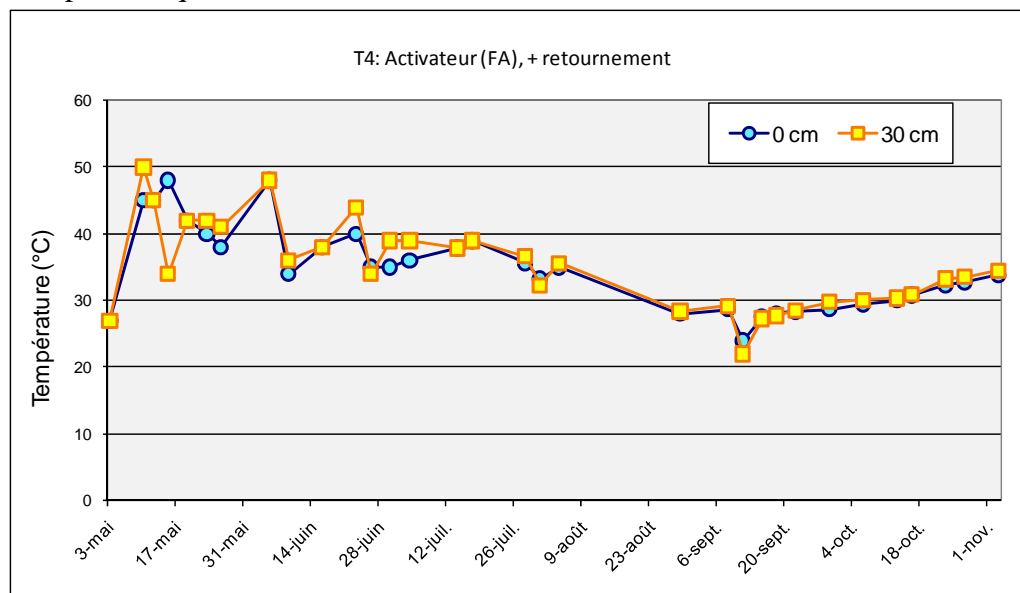


Figure 27. Evolution de la température au cours du compostage des tiges de cotonnier pour le traitement 4

Températures moyennes

La figure 28 indique l'évolution moyenne des températures au niveau de chaque traitement en fonction de la température extérieure. De façon générale, on note une nette augmentation de la température dans l'ensemble des fosses. Les plus hautes températures moyennes ont été observées chez le traitement T3 suivi du traitement T4 avec respectivement des valeurs de 56°C pour T3 et 48°C pour T4, de 47°C pour T2 et de 45°C pour le témoin T1. Sur l'ensemble des traitements et pendant toute la durée du suivi, on note que les températures mesurées sont toujours restées supérieures à la température externe. Cela témoigne de l'activité de décomposition qui se déroule au niveau de chaque fosse.

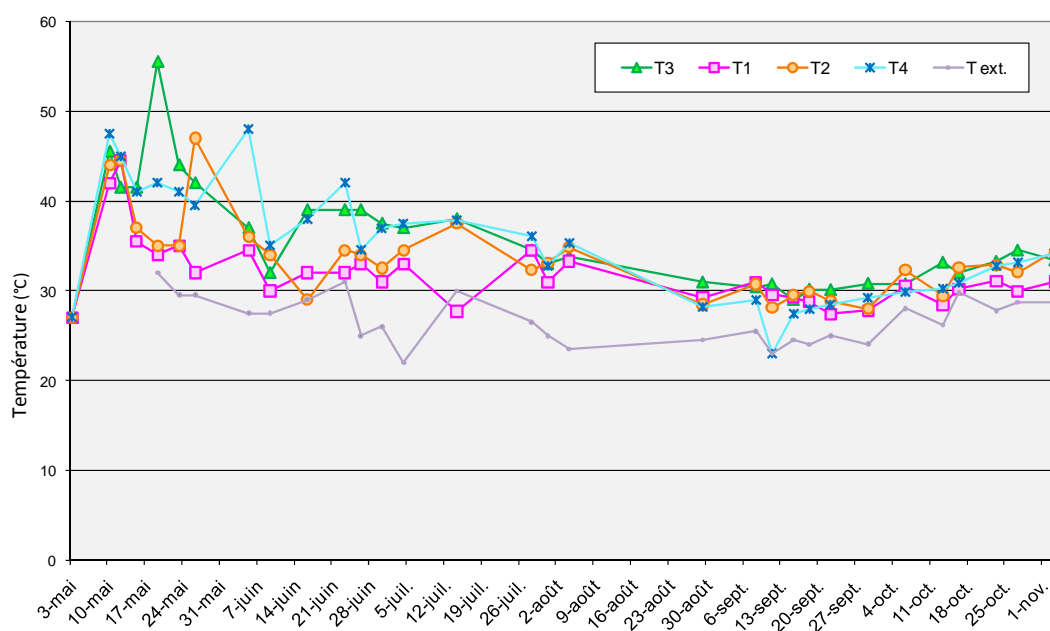


Figure 28. Evolution moyenne des températures au cours du compostage des tiges de cotonnier

Traitement 1 (Témoin) : Le pic de température (45°C) a été obtenu environ une dizaine de jours après la mise en fosse. La température minimale a été de 27°C observée en fin juillet. Le tas a été caractérisé par un besoin très important en eau pendant pratiquement toute la durée de l'opération. Avec l'installation de la saison pluvieuse, on remarque une légère décomposition caractérisée par un noircissement des tiges par endroit. Sur l'ensemble, le tas est resté pratiquement inchangé avec une hauteur voisine de 35 cm.

Traitement 2 : Comparativement au témoin, le traitement 2 n'a pas beaucoup évolué. Il a été également caractérisé par un manque en eau sur pratiquement toute la durée de l'opération. La plus haute température 47°C a été observée en fin mai et la plus basse 28°C dans la seconde décade du mois de septembre. Le processus de compostage est au ralenti. On note la présence de moisissures et de quelques escargots un peu plus tard vers la fin octobre.

Traitement 3 : La température la plus élevée 56°C a été observée au 1^{er} retournement c'est-à-dire environ deux semaines après la mise en fosse et la plus basse température a été observée à la fin de la seconde décade du mois de juillet. Après le premier retournement la température est restée en baisse continue tendant ainsi vers la température extérieure en début octobre. Les premiers jours qui ont suivi la mise en fosse ont été caractérisés par un manque crucial en eau avec de nombreuses tâches blanches sur le tas. Les apports d'eau effectués au cours du suivi des températures et ceux réalisés pendant les retournements ont permis de pallier très vite ce manque. Au 1^{er} retournement, les tiges situées en profondeur présentent une meilleure décomposition comparativement à celles situées en surface. Avec le second retournement (début juin) on obtient un mélange assez homogène et la température chute en dessous de 40°C. A la fin du 4^{ème} retournement (début juillet), le tas est décomposé et noir. On peut noter la présence de champignons, d'escargots et d'insectes de divers types sur le tas. Le tas présente une hauteur de 40 cm en fin de compostage.

Traitement 4 : Dans ce traitement, la température maximale a été de 48° C observée une semaine après la mise en fosse ; tandis que la minimale a été de 23°C observée à la fin de la première décade du mois septembre. Après le pic de température obtenu quelques jours après la mise en fosse, on note une baisse progressive de la température autour de 39°C. Après le premier retournement, avec la dégradation des éléments fermentescibles encore présents, il s'en suit une nouvelle poussée de chaleur ; la valeur thermique de la fosse connaît une nette augmentation et peut atteindre à nouveau le pic de 48°C. Passée cette période, la température commence à baisser à nouveau jusqu'au retournement suivant. Toutefois, les trois autres retournements effectués au cours de l'opération ont permis de relancer les fermentations mais cette fois avec une légère augmentation de la température. Autour de mi-octobre la température du tas de compost tend à s'uniformiser avec celle du milieu extérieur, traduisant ainsi la phase de maturation du compost.

Les premiers instants qui ont suivi la mise en fosse, ont été caractérisés par l'apparition de tâches blanchâtres traduisant un besoin en eau et par un assèchement rapide des tiges concassées. Les apports en eau réalisés ont permis de constater une bonne décomposition des tiges au premier retournement. En début juin, on observe la présence de termites dans la fosse au niveau des couches en profondeur, ainsi que de nombreuses tâches blanches. Les termites sont en proportion élevée là où la bouse est en cours de décomposition. Dans la première dizaine du mois de juillet, on note l'apparition de pieds de champignons alors que des vers et des escargots sont apparus dans le tas un peu plus tard à partir de mi-septembre. A partir de fin octobre les tiges présentaient une structure plus ou moins friable et une couleur noire, avec une odeur de terre mouillée (terreau). La hauteur du tas était de 35 cm.

3.4.2.2. Rendements du compostage des tiges de cotonnier

Le tableau ci-dessous donne le rendement en matière sèche des différents composts produits.

Traitements	Qté d'eau apportée (en l)	Qté de tige apportée (kg)	Qté de FA apporté (kg)	Qté de Compost + (kg)	Qté totale MS (kg)	Nombre de Retournement	Compost frais (kg)	% MS	Compost sec (kg)	Rdts
Traitement 1	200	197			197		356	29%	103,5	52,53%
Traitement 2	300	240	60		300		558	22%	121,7	40,56%
Traitement 3	2160	285		0,55	285,55	4	377,2	23%	86,6	30,32%
Traitement 4	2420	240	60		300	4	489	24%	117,9	39,30%

Tableau 12. Production et rendements du compostage des tiges de cotonnier

Les rendements sont de l'ordre de 30% dans le cas de compostages accélérés (traitements 3 et 4), tandis qu'il est de 40% dans le cas du compostage lent (traitement 2). Pour le témoin (traitement 1), le rendement en compost produit est voisin de 50%. Les rendements obtenus dans le processus de compostage accéléré témoignent de la dégradabilité plus ou moins prononcée des tiges de cotonnier pour les traitements 3 et 4. Tout comme avec la paille de fonio, les raisons de ces meilleures décompositions des tiges de cotonnier pour les traitements 3 et 4 pourraient s'expliquer par les apports permanents en eau et les différents retournements effectués pendant l'opération de compostage.

3.4.2.3. Bilan chimique

Le mélange initial est très riche en carbone. Pour les traitements T1 et T3 sans apport de fumure animale le rapport $C/N_{\text{initial}} = 95$, pour les traitements T2 et T4 $C/N_{\text{initial}} = 63$.

	pHeau	Carbone (%MS)	M.O (%MS)	N (%MS)	C/N	P_total mg/kg	K_total mg/kg
Produits de base du mélange							
Tige de cotonnier (échantillon de base)	6,26	55,92	96,40	0,59	95	401,04	2000,00
Fumier Animal	7,61	36,23	62,46	1,76	21	3705,02	4720,00
Produits finis							
Tige de cotonnier T1 (témoin)	7,67	38,46	66,31	0,92	42	711,87	5040,00
Tige de cotonnier T2 (20% fèces sans retournement)	7,58	41,67	71,83	1,34	31	1599,30	3100,00
Tige de cotonnier T3 (compost + et retournements)	7,48	37,25	64,22	1,20	31	865,32	3040,00
Tige de cotonnier T4 (20% fèces et retournement)	7,36	33,08	57,02	1,31	25	1267,23	2420,00

(laboratoire sol-eau-plante, Prog. GRN-SP, INERA)

Tableau 13. Résultat de l'analyse chimique des échantillons de compost

Pour le traitement témoin (T1), le produit a très peu évolué durant le processus de compostage : minéralisation faible (mo élevée : 80,16%MS). Il reste pauvre en P.

Par rapport au compostage de la paille de fonio, le témoin coton a subi une minéralisation plus importante durant le compostage. Mais le produit fini est significativement plus pauvre en P que les traitements ayant reçu de la fumure animale.

Le traitement T2 (fumure animale sans retournement) est celui où le processus de compostage a le moins évolué (mo élevée). Néanmoins grâce à l'apport de fumure animale, le produit obtenu est plus riche en N et en P que les traitements T1 et T3.

Le traitement T3 présente une minéralisation moyenne (comparable au témoin) et le produit obtenu est relativement moins riche en N et en P.

Le traitement T4 présente le taux de minéralisation le plus élevé et une concentration en N et en P comparable au T2.

Conclusion : le traitement T4 a permis d'obtenir durant l'intervalle de l'expérimentation le compost le plus mur et le plus équilibré. C'est le traitement que nous recommandons.

3.5. Conclusion

Pour le compostage de la paille de fonio et des tiges de cotonnier, il est recommandable:

- 1) de réaliser un mélange initial composé de 80% de biomasse végétale et de 20% de fumure animale (pour les biomasses ligneuses, le hachage est fortement recommandé)
- 2) de réaliser la mise en fosse en fin de saison sèche (année N)
- 3) d'apporter une quantité d'eau suffisante au remplissage de la fosse pour lancer rapidement le processus de compostage
- 4) d'effectuer 2 retournements à 1 mois d'intervalle après la mise en fosse pour relancer le processus de décomposition aérobie
- 5) pendant le retour de la saison sèche, de couvrir la fosse pour maintenir l'humidité et laisser le produit achever sa maturation jusqu'à la vidange (fin de saison sèche N+1)
- 6) de prévoir un rendement de 20% pour la paille de fonio et de 30% pour les tiges de cotonnier (rapport entre la quantité de compost produite et la quantité de matière sèche apportée).

4. Volet 3: Valorisation fourragère de la paille de fonio traitée à l'urée

4.1. Contexte et problématique

Au Burkina, le secteur de l'élevage occupe le second rang après celui de l'agriculture. Sa contribution au PIB est de 10% et il participe à hauteur de 19 % aux exportations totales du pays (MRA, 2000). Malgré cette place importante dans l'économie nationale, il reste confronté à de nombreux problèmes notamment ceux liés à l'alimentation des animaux en saison sèche. En début de saison sèche la biomasse en résidus de culture et en pailles de brousse est importante mais de qualité très médiocre. Cette biomasse herbacée de faible qualité n'a qu'une durée éphémère car dans la plupart des cas elle est rapidement détruite après le passage des feux. Il s'en suit très vite un déficit fourrager en début de saison sèche qui s'accroît dans le temps; d'où une perte considérable du poids des animaux. Pour améliorer la productivité de l'élevage, il importe, de ce fait, d'assurer aux animaux des rations alimentaires équilibrées.

Les campagnes agricoles qui débutent généralement en pleine saison sèche (entre avril et mai), trouvent le plus souvent le bétail sur pieds dans un état physiologique lamentable entraînant des fatigues précoces et une lenteur dans le travail et occasionnant du retard dans l'exécution du calendrier agricole chez bon nombre de producteurs. Cela entraîne un rendement agricole faible et une baisse des productions.

D'autre part, la forte pression démographique associée à la demande croissante en produits agricoles, tend à une réduction de plus en plus considérable des zones pastorales malgré le taux d'accroissement élevé des effectifs du cheptel : 2 % pour les bovins et 3 % pour les petits ruminants (MRA, 2000). La réduction des aires de pâture a pour conséquence une surexploitation des parcours existants entraînant une baisse en quantité et en qualité du fourrage disponible.

Face à ces différentes contraintes, il paraît nécessaire d'envisager de nouvelles stratégies afin de résorber autant que possible le problème lié au déficit alimentaire des ruminants en saison sèche. A cet effet, une alimentation à base de paille de fonio sur des animaux en stabulation a été proposée en zone ouest du Burkina.

4.1.1. Présentation du contexte de l'étude

4.1.1.1. Cadre expérimental d'étude

Cette étude a été menée à la station de recherche expérimentale du CIRDES à Bobo Dioulasso (sud-ouest du Burkina Faso). Les coordonnées sont 11°10 de latitude nord et 4°18 de longitude ouest. Le climat est du type sud soudanien et la pluviométrie est comprise entre 900 et 1200 mm. La végétation appartient au domaine phytogéographique soudanien constitué de savanes boisées, de forêts claires et de savanes herbeuses dominée par des graminées pérennes telles que *Andropogon gayanus*, *Pennisetum sp.* (Guinko, 1984).

4.1.1.2. Les zones de production de fonio au Burkina Faso

Le Burkina Faso compte deux principales zones de production du fonio :

- le bassin sud, situé en zone sub-humide et regroupant les provinces du Kénédougou et du Houet. Les spéculations sont diversifiées et on note une dominance de l'arboriculture. L'élevage y est faiblement pratiqué.
- le bassin nord représenté par la province de la Kossi (boucle du Mouhoun). Cette zone a longtemps été considérée comme la "zone cotonnière" par excellence. Les paysans pratiquent l'agriculture (sorgho, mil, fonio) et l'élevage des ruminants (ovins et bovins).

4.1.2. Les pailles de céréales dans l'alimentation des Ruminants

En zones soudano-sahélienne, les pailles de céréales constituent la base de l'alimentation des ruminants pendant une partie assez longue de l'année. Elles sont une ressource fourragère de faible valeur alimentaire. Elles sont riches en cellulose brute mais présentent des teneurs assez faibles en azote, en minéraux et en vitamines. Elles sont, de ce fait, peu digestibles donc faiblement ingérées et couvrent difficilement les besoins d'entretien des animaux (Nyarko-Badohu et *al.*; 1993).

4.1.2.1. Composition chimique des pailles de céréales

Les pailles de céréales, sont essentiellement constituées de parois cellulaires représentant 60 à 90 % de MS (Jarrige, 1988). On distingue essentiellement trois principaux fragments :

- la cellulose vraie, polyoside de glucose à structures partiellement cristalline
- les hemi-celluloses, polyosides de natures diverses associés au sein d'une substance amorphe
- la lignine, substance non pectique et non dégradable par les microorganismes de la panse et qui entrave la bonne digestion des parois

Les études menées par Chenost et *al.* (1991) sur des pailles de céréales ont permis de trouver ces fractions respectivement dans les proportions suivantes : 45 – 50 %; 20 – 25 %, 8 – 12 % de la MS (matière sèche) et des teneurs en MAT (matières azotées totales) entre 2 et 5 %.

4.1.2.2. Valeur alimentaire des pailles de céréales

Ingestibilité

Elle est variable selon l'espèce, le poids et le cycle de production de l'animal. Chenost et *al.* (1991) ont trouvé qu'un mouton de 60 kg de poids vif pouvait ingérer en moyenne 700 gMS d'un fourrage constitué d'un mélange de paille de céréale. Pour Jarrige (1988), la capacité d'ingestion d'un animal, ou son expression, varie globalement dans le même sens que les dépenses de production. Elle est sensible aux facteurs climatiques : accrue par un grand froid et diminuée par les fortes chaleurs.

Digestibilité des pailles

La paille de céréale est un fourrage pauvre présentant une faible digestibilité. Elle est exclusivement constituée des tiges de la céréale à maturité et renferme une proportion élevée de tissus lignifiés peu dégradés par les micro-organismes du rumen. Par conséquent très peu d'éléments nutritifs sont libérés au cours du processus de digestion. Le tableau 14 donne les valeurs extrêmes et moyennes de la digestibilité de quelques pailles de céréales.

Paille	Valeur moyenne (%)	Valeurs extrêmes (%)
Blé	42	37- 48
Orge	45	40 – 51
Graminées	51	47 – 55

Source: Chenost et al. (1991)

Tableau 14. Digestibilité de trois types de paille de céréales

4.1.2.3. Utilisation de la paille de fonio en alimentation animale

Multi usages de la paille de fonio

Après les récoltes, une grande partie de la paille délaissée dans les champs est battue par la pluie. Cette paille, très peu valorisée par les producteurs, est utilisée dans la plupart des cas pour la confection de briques en banco et la fabrication de matelas artisanaux. En zone semi-aride, certains producteurs utilisent cette paille dans l'affouragement des animaux, tandis que dans la zone sub-humide la tendance générale est à l'utilisation de la paille comme litière et à la production de compost (fumure organique).

Quelques connaissances sur la paille de fonio

La littérature fait cas de nombreuses données sur les pailles de céréales, mais ne dispose que de très peu d'informations sur la paille de fonio. Des données scientifiques notamment sur l'étude de la composition chimique, de la valeur nutritive, et de la digestibilité de la paille de fonio sont quasi-inexistantes. Les études les plus poussées semblent s'être limitées pour la plupart aux recherches sur la détermination de la matière sèche et sur l'estimation du rendement paille/grain de cette céréale. Les travaux menés par Le Loup et Traoré (1991) cité par Dembélé (1995) ont produit un rendement paille/grain de 3,80 et les teneurs en MS suivantes (tableau 15).

Paille	Teneur en MS
Mil	95,0 %
Maïs	84,1 %
Sorgho	94,9 %
Fonio	93,2 %

Source : Dembélé (1995)

Tableau 15. Teneur en matières sèches de quelques pailles de céréales

4.2. Objectifs

4.2.1. Objectif général

L'étude vise principalement à développer un système d'alimentation à base de paille de fonio afin de résoudre les contraintes alimentaires pendant la saison sèche.

4.2.2. Objectifs spécifiques

De façon spécifique, l'étude vise à :

- Etudier l'effet du traitement de la paille à l'urée sur l'amélioration des prises alimentaires et la digestibilité.
- Améliorer la valeur alimentaire des rations distribuées aux animaux en saison sèche
- Augmenter le revenu monétaire des producteurs
- Favoriser une meilleure intégration entre agriculture et élevage

4.3. Matériels et méthode

Il s'agit d'un test classique de digestibilité "*in vivo*" déjà mené par de nombreux auteurs (Kaasschieter et *al.*; 1994; Nianogo et *al.*, 1997; Nantoumé et *al.*, 2000). Le test a porté essentiellement sur deux types de pailles : à savoir la paille de fonio non traitée (*PNT*) et la paille de fonio traitée à 5 % d'urée (*PTU*).

4.3.1. Animaux : choix, traitement, accoutumance

L'expérimentation a porté sur un lot de cinq ovins mâles de races *djallonké* de moins de deux ans d'âge avec un poids vif moyen de $20,9 \pm 5,01$ kg. Avant le début de l'expérience, les animaux étaient soumis à un régime à base de paille de riz.

A leur arrivée les animaux ont été soumis à un programme de déparasitage interne et ont bénéficié de soins vétérinaires.

Les animaux ont également été pesés en début d'expérience, c'est-à-dire à leur entrée en phase d'adaptation puis une fois par semaine jusqu'à la fin des essais.

Pendant 15 jours, les animaux ont été mis en stabulation dans des cages de digestibilité et alimentés avec de la paille de fonio. Au cours de cette phase, les microorganismes de la flore du rumen ont été progressivement adaptés au nouveau type de fourrage. La même quantité de paille (800 g) a été distribuée chaque jour à chaque animal. Pour éviter le débordement des mangeoires, la paille a été fractionnée et distribuée à deux reprises : le matin à 9h et le soir à 15h. Pour couvrir les besoins en minéraux des animaux, une pierre à lécher rouge composé à 97 % de NaCl associé à d'autres types d'éléments minéraux (Mn, Mg, Iode, Co, Se, Ca, P) a été mise à la disposition de chaque animal. Pendant les essais, la paille traitée a été distribuée à raison de 800 g/jour/animal.

4.3.2. Matériel végétal étudié

Il est représenté par la paille de fonio (*Digitaria exilis*) ramassée et bottelée à la fin des récoltes. La paille a été stockée à la station de recherche du CIRDES et utilisée dès la mise en cage des animaux.

Traitement de la paille de fonio à l'urée

Une partie de la paille stockée a été prélevée et mise en fosse pour le traitement à l'urée. Les dimensions de la fosse ont été de : 2m x 2m x 1m. L'urée (46 % d'N) a été utilisée à la dose de 5 % conformément à la dose indiquée par Chenost et *al.* (1991); Nyarko-Badohu et *al.* (1993). Avec un poids variant entre 9,5 et 10 kg/botte, deux couches de paille ont été réalisées à raison de 10 bottes/couche. L'un des facteurs déterminant de la réussite du traitement à l'urée étant la dose d'eau apportée (Shanoune et *al.* 1989 cités par Nyarko-Badohu et *al.*, 1993), chaque couche de paille a été arrosée grâce à une solution d'urée obtenue en mélangeant 5 kg d'urée dans 50 litres d'eau. Une fois l'arrosage achevé, le silo a été recouvert par un film plastique noir pendant trois semaines. Le traitement de la paille a eu lieu en novembre 2008. Elle a été distribuée aux moutons au lendemain de sa sortie en fosse.



Figure 29. Paille de fonio testée comme fourrage pour bœlier

4.3.3. Autres matériels

D'autres types de matériels ont été utilisés. Il s'agit du matériel de soins vétérinaires, des étuves, des cages de digestibilité ainsi que du petit matériel de travail (pelle, brouettes, pesons, seaux, film plastique,...).

4.3.4. Collecte des données

La collecte a été effectuée sur une période de 7 jours au cours de laquelle la même ration (800 g de paille de fonio) a été distribuée à chacun des béliers tous les jours à la même heure. Les reliquats de pailles et les fèces ont été collectés et pesés tous les matins entre 7h et 7h30. Des sous-échantillons de fèces, de pailles de fonio offertes et refusées ont été prélevés quotidiennement par animal et mis à sécher à l'étuve à 85°C pour la détermination de la matière sèche. Les échantillons de fèces ont été constitués pour chaque mouton sur la base de 20 % de la production fécale journalière. Le temps de conservation à l'étuve a été de 48h pour les fèces et de 24h pour les échantillons de pailles. Par animal, tous les échantillons (pailles et fèces) provenant de l'étuve ont été mélangés puis finement broyés au tamis 0,75 mm. Les broyats ont été conditionnés dans des pots en plastiques pour des analyses ultérieures au laboratoire.

4.3.5. Paramètres mesurés

Les calculs relatifs à la détermination de la dMS des deux types de rations sont effectués avec la formule utilisée par Nantoumé et *al.* (2000) : Digestibilité = **Erreur ! Signet non défini.**
$$\text{Digestibilité} = \frac{\text{Ingéré} - \text{Fèces}}{\text{Ingéré}} \times 100$$

Des analyses chimiques complémentaires portant sur : azote totale, cellulose brute, NDF (Neutral Detergent Fiber) ADF (Acid Detergent Fiber) et ADL (Acid Detergent Lignin), permettront ultérieurement d'évaluer les digestibilités relatives à chacune de ces fractions (travail postérieur au projet FONIO).

4.3.6. Durée de l'expérimentation

Les essais de digestibilité ont démarré le 1/12/08 et se sont achevés le 31/01/09. La phase d'adaptation a été de 14 jours pour la paille non traitée et relativement plus courte pour la paille traitée (environ 10 jours). La phase de mesure proprement dite s'est déroulée du 24 au 31 décembre 2008.

4.3.7. Analyses de données

Les données ont été enregistrées sur Excel et les analyses de variance effectuées grâce au logiciel SAS Learning Edition 2001.

4.4. Résultats

4.4.1. Teneur en matière sèche de la paille de fonio

La teneur en MS de la paille de fonio a été de 95 %. Cette teneur est pratiquement identique à celle mesurée par l'IEMVT en 1978 (cité par Dembélé - 1995) sur la paille de fonio qui avait obtenu une teneur de 93 %.

4.4.2. Refus

Le taux de refus fourrager a été de 45 %. Ce taux élevé traduit le fait que le fourrage a été distribué à volonté à chaque animal. Nantoumé et *al.* (2006) avaient limité ce taux de refus au seuil de 15%. Plus ce taux est élevé, plus l'animal dispose d'une quantité suffisante de fourrage grossier lui permettant d'effectuer préférentiellement des choix quant aux différentes parties de la plante (Kaasschieter et *al.*, 1994).

4.4.3. Ingestion volontaire

Les résultats sont indiqués dans les tableaux 16 et 17.

- Ingestion volontaire PNT : $43,67 \pm 12,37 \text{ gMS/kgPV}^{0,75}$
- Ingestion volontaire PTU : $41,83 \pm 7,07 \text{ gMS/kgPV}^{0,75}$.
- Les analyses de variances ont montré que la différence observée entre ces valeurs n'est pas significative ($P > 0,05$). L'ingestion volontaire de la PNT est égale à l'ingestion volontaire de la PTU

4.4.4. Digestibilité de la matière sèche (dMS)

- dMS PNT : $53 \% \pm 12\%$
- dMS PTU : $59 \% \pm 9\%$.
- Les analyses de variances ont montré que la différence observée entre ces valeurs n'est pas significative ($P > 0,05$). La dMS de la PNT est comparable à l'ingestion volontaire de la PTU

Animaux	Ingestion volontaire (gMS/kg PV ^{0,75})	dMS
N°01	40,9	55%
N°02	45,9	57%
N°03	41,4	62%
N°04	42,0	62%
N°05	39,1	59%
<i>Moyenne</i>	<i>41,83</i>	<i>59%</i>

Tableau 16. Ingestion volontaire et dMS de la paille de fonio traitée (PTU)

Animaux	Ingestion volontaire (gMS/kg PV ^{0,75})	dMS
N°01	39,99	52%
N°02	38,14	52%
N°03	45,30	50%
N°04	41,51	52%
N°05	53,41	59%
<i>Moyenne</i>	<i>43,67</i>	<i>53%</i>

Tableau 17. Ingestion volontaire et dMS de la paille de fonio non traitée (PNT)

4.5. Discussion

4.5.1. Ingestion volontaire

Les études menées par Namtouné et *al.* (2000) relèvent des ingestions volontaires de l'ordre de 40, 35 et 51 gMS/kgP^{0,75} respectivement sur des pailles de maïs, de mil et de sorgho non traitées. Quant à Nyarko-Badohu et *al.* (1993), ils avaient mesuré sur la paille de blé une quantité volontairement ingérée de 43 gMS/kgP^{0,75}. Avec de la paille de brousse Nianogo et *al.* (1997) ont mesuré une valeur de 41,1 gMS/kgP^{0,75} sur des pailles de *Schoenefeldia gracilis*. Ces mesures sont en accord avec les résultats de notre essai.

Avec le traitement de la paille à l'urée, l'ingestibilité n'a pas significativement varié, mais reste cependant très proche des valeurs obtenues sur la paille de blé volontairement ingérée.

Après un traitement à 5 % d'urée Nyarko-Badohu et *al.* (1993) avaient obtenu une ingestion de 56 gMS/kgP^{0,75}. Avec de la paille de *Schoenefeldia gracilis* traitée, Nianogo et *al.* (1997) ont mesuré une ingestion volontaire de 67,2 gMS/kgP^{0,75} après une humidification de la paille à 40 % et un traitement à 6 % d'urée. Avec de la paille de blé traitée à l'urée, Nyarko-Badohu et *al.* (1993), ont mesuré des améliorations d'ingestion allant jusqu'à 30 %. Avec de la paille de riz traitée à 5 % d'urée, Sadullah et *al.* (1981), ont effectué des observations comparables. Avec la paille traitée à l'urée de *Schoenefeldia gracilis*, l'ingestion volontaire avait augmenté de plus de 60% (Nianogo et *al.*, 1997). Il faut constater qu'une telle amélioration n'a pas été observée dans notre essai. Ceci pourrait s'expliquer par une période d'accoutumance insuffisante.

4.5.2. Digestibilité de la matière sèche

Le traitement de la paille avait pour but d'améliorer la digestibilité des glucides pariétaux en fragilisant les liaisons ligno-cellulosiques et d'apporter en quantité suffisante de l'azote non protéique nécessaire à l'activité cellulolytique du rumen. Ce type de traitement permet de réduire le temps de séjour de la paille dans le tractus digestif et d'améliorer ainsi la digestibilité (Chenais et *al.*, 2003).

Les valeurs de dMS obtenues avec la paille de fonio sont nettement supérieures à celles obtenues sur d'autres pailles de céréales. Namtoundé et *al.* (2000) ont rapporté des coefficients de digestibilité de 49,3 et 43,6 % respectivement sur la paille de maïs et de mil. Chenost et *al.* (1991) ont obtenu une digestibilité de 42 % sur la paille de blé. D'autre part, les valeurs de digestibilité obtenues lors de l'essai sont proches de celles mesurées par Chenost et *al.* (1991) sur des pailles de céréales complétées dans les proportions 55/45 avec un mélange maïs/tourteau de soja. Cette valeur était en moyenne de 51 %.

Cependant, la paille de fonio contenant très peu de fibres est caractérisée par une concentration élevée en azote comparativement aux pailles des autres céréales (Göhl, 1982). D'autre part, la paille de fonio présente une valeur alimentaire assez intéressante comme en témoigne sa teneur en azote. Göhl (1982) indique une concentration minimale en N de 8,6 g kg⁻¹. Certains auteurs lient l'efficacité du traitement à l'urée à la qualité initiale de la paille. En effet, en réalisant des tests de digestibilité *in sacco*, Nyarko-Badohu et *al.* (1993) ont montré que la qualité initiale d'une paille pouvait avoir une grande influence sur l'efficacité de son traitement à l'urée. Cela corrobore les observations de Derycke et *al.* (1986) selon lesquelles l'amélioration de la dégradabilité de la paille est d'autant plus élevée que la paille initiale est de mauvaise qualité. Ces observations sont également confirmées par Nyarko-Badohu (1991) cité par Nyarko-Badohu et *al.* (1993) qui ont constaté après traitement à l'urée une amélioration de la digestibilité *in sacco* de 10 points pour la paille de *Panicum maximum* dont la digestibilité initiale était de 37,4 % et seulement de 3 points pour le foin de *Panicum maximum* dont la digestibilité initiale était de 51,2 %.

4.6. Conclusion

Le traitement de la paille de fonio à 5 % d'urée n'a pas amélioré la quantité de paille ingérée volontairement. L'ingestion de la paille de fonio traitée ou pas est comparable à celle des autres pailles de céréales.

La digestibilité de la matière sèche de la paille à fonio est significativement supérieure à celle des autres pailles de céréales, certainement en raison de sa teneur en lignine moins élevée. Le traitement de la paille à l'urée n'a pas permis d'obtenir une amélioration significative de la digestibilité. Cependant, cette absence d'effet pourrait être attribuée à une période d'accoutumance trop courte à ce type de fourrage.

L'expérimentation mériterait donc d'être réalisée à nouveaux pour confirmer ces premiers résultats. Des analyses chimiques plus poussées devront aussi être conduites pour analyser plus finement la digestibilité des différentes composantes de la paille de fonio.

4.7. Références bibliographiques

- Chenais F., Farrié J.-P, Pottier E., 2003. Bien utiliser la paille pour l'alimentation. Paris : Institut de l'Elevage, Dossier Sécheresse, 4 p.
- Chenost M., Grenet N., Morel d'Arleux F., Zwaenepoel P. 1991. Synthèse sur les pailles de céréales. 48 p.
- Dembélé N. 1995. Etude économique de la disponibilité et de l'utilisation des suppléments dans l'alimentation des bovins au Mali. Thèse de Doctorat en Agro-économie. Rapport PSS N° 14. Chap. 1-11
- Derycke G., Vanabelle B, Vanabel M. 1986. Contribution à l'étude de la valorisation de la paille dans l'alimentation des ruminants par les traitements aux alcalis. 2. Etude fondamentale du traitement à l'ammonia. Publication n°46
- Guinko S. 1984. Végétation de la Haute Volta. Thèse de Docteur ès sciences naturelles. Université de Bordeaux III, 318p.
- Jarrige R. 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. INRA. 147, rue de l'Université, 75007 Paris, 471p.
- Kaasschieter G.A., Coulibaly Y., Kané M. 1994. Supplémentation de la paille de mil (*pennisetum thypoides*) avec le tourteau de coton : effets sur l'ingestion, la digestibilité et la sélection. 15 p.
- M.R.A. 2000. Plan d'actions et programme d'investissements du secteur de l'élevage au Burkina Faso (Diagnostic, axes d'intervention et programmes prioritaires) ; version finale, 131p.
- Nantoumé H., Diarra C.H.T., Traoré D. 2000. Performance et rentabilité économique de l'incorporation des quatre fourrages de qualité pauvre dans des rations d'engraissement des moutons maures, 9 p.
- Nianogo A. J., Bougouma-Yaméogo V., Cordesse R. 1997. Ingestibilité et digestibilité de deux fourrages tropicaux distribués en l'état, traités à l'urée ou complémentés en matières azotées. Annales de Zootechniques, 45 (5) : 439-449.
- Nyarko-Badohu D.K., Kayouli C., Ba A.A., Gasmi. 1993. Valorisation des pailles de céréales en alimentation des ovins dans le nord de la Tunisie: traitement à l'urée et à l'ammoniac et complémentation par des blocs mélasse-urée. CIHEAM – Options méditerranéennes.129 – 141.
- Saadullah M., Haque, Dolberg F. 1981. Effectiveness of ammonification through urea improving the feeding value of rice straw in ruminants. Trop. Ani. Prod. 6: 30 – 36.

5. Annexe

Caractéristiques générales des parcelles de fonio suivies en 2008

Village	Nom	Surface du champ (ha)	Type de sol	Toposéquence	Précédent cultural	Gestionnaire du champ
Kourinion	Traoré Vlé Issa	0,50	sableux	plaine	bissap	Lui-même
Kourinion	Traoré Kounso	1,50	argilo-sableux	plaine	petit mil	Lui-même
Kourinion	Traoré Oumar	2,00	sableux	plaine	haricot + sorgho	Lui-même
Kourinion	Traoré Dissié	3,00	sableux	plaine	arachide	Lui-même
Kourinion	Traoré Tidiane	1,00	sableux	plaine	arachide	Lui-même
Koutoudeni	Traoré yé Natogoma	1,25	sableux	plaine	jachère	Lui-même
Koutoudeni	Hébié Drissa	2,00	sableux	plaine	jachère	Lui-même
Koutoudeni	Sanogo Ali	1,00	sableux	plaine	jachère	Lui-même
Koutoudeni	Traoré Sondé	1,00	sableux	plaine	sorgho	Lui-même
Koutoudeni	Traoré Adama	2,00	sableux	plaine	arachide	Lui-même
Simbadougou	Léo Mamadou	2,00	sableux	plaine	arachide /sésame	Lui-même
Simbadougou	Léo Jean martin	1,00	sableux	plaine	pois de terre /petit mil	Lui-même
Simbadougou	Dama Celestin	1,00	sablo argileux	plaine	petit mil	Lui-même
Simbadougou	Dama Martin	1,00	argilo sableux	plaine	sésame /pastèque	Lui-même
Simbadougou	Léo Pascal	1,00	sableux	plaine	Arachide /pois de terre	Lui-même
soin	Fofana djeneba	1,00	sableux	plaine	sésame	Lui-même
soin	Séréme Lassina	1,00	sableux	plaine	petit mil	Lui-même
soin	Traoré Lassina	1,50	sableux	plaine	sorgho	Lui-même
soin	Traoré Souleymane	0,75	sableux	plaine	sésame	Lui-même
soin	Traoré Siaka	1,00	sableux	plaine	sésame	Lui-même